ISSN 0582—415X

西水研研報
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst.
(74),1996

BULLETIN OF SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

No. 74
October 1996

西海区水産研究所研究報告

第 74 号

西海区水産研究所
長崎市国分町49

平成８年10月

Distribution and Abundance of Planktonic Biomass and Productivity and its Relation to Water Types in the East China Sea in Autumn 1990–1992

Etsuji Kozasa, Umeyoshi Yamada and Takahiko Irie

Bull. Seikai Natl. Fish. Inst., (74), 1–12 (1996)

Transect surveys of planktonic biomass and marine environment conditions of the Yellow Sea and East China Sea were carried out in October 1990, 1991 and 1992. Using the water temperature and salinity, 5 water types were divided through varying degrees of mixing of the kuroshio water (K) with coastal waters: from the slight mixing (type I) to coastal waters (type IV). We discuss the relationship between the environmental characteristics of these water types and their planktonic biomass and production. Standing stock/biomass of phytoplankton in water type I was low, type III and IV had high standing stocks/biomasses. Zooplankton biomass was low in type IV but high in type III water. Transfer efficiency of biomass/energy in waters of high transparency phytoplankton low standing stock waters (type I waters) was high (33.8%), energy/biomass transfer for coastal waters from the Chinese mainland was only half as efficient (16.9%).

Key words: *in situ* chlorophyll, planktonic biomass, transfer efficiency

Calibration of Octo Parameter Underwater Sensor, OCTOPUS, using *in situ* Water Samples –I. Salinity and Chlorophyll-a

Masayuki Minakawa, Yuka Ishihi, Kazuo Abe and Yasunori Watanabe

Bull. Seikai Natl. Res. Inst., (74), 13–23 (1996)

The conductivity (salinity) and *in situ* fluorescence (chlorophyll) sensors equipped with an Octo Parameter Underwater Sensor (OCTOPUS) system were calibrated at sea using *in situ* water samples during the YK95-6 cruise of R/V Yoko-Maru in the East China and the Yellow Seas. Good correlations were obtained using regression lines between data from the sensors and the values for the water samples. However, large individual differences between values were found near the surface layer and the halocline for salinity, and in water samples with high chlorophyll-a contents ($>1\,\mu g/l$). OCTOPUS calibration procedures and measurement errors at sea are discussed.

Key words: Calibration, OCTOPUS, Salinity, Chllorophyll-a

Distribution and Temporal Variation of Turbidity on the Continental Shelf in the East China Sea in Spring 1993
Kazumaro Okamura, Kazuo Iseki and Yoko Kiyomoto
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 25–33 (1996)

Vertical distribution of water temperature, salinity and turbidity was investigated from the inner shelf to the shelf edge zone along the PN line in the East China Sea in May 1993. Time–series observations of vertical profiles of water temperature, salinity and turbidity and time–series recording of current and turbidity using a mooring system were also conducted on the inner shelf, the central shelf and the shelf edge. Turbidity was significantly higher at the inner shelf and decreased towards the shelf edge zone. Bottom turbid layer was observed over the shelf and the distribution pattern correlated well with the hydrographic structure (i. e., a mixing layer under strong pycnocline and/or near bottom). There was no strong correlation between the salinity of water and the generating turbid layer but between the strong tidal current near the bottom or the sea bottom topography and the generating turbid layer.
Key words: continental shelf, turbidity, mixing layer, bottom turbid layer

---

Changes of hydrographic and fishing conditions correlated with intrusion of low–salinity water in the Hibiki–Nada
Osamu Katoh and Kohachi Hayashi
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 35–46 (1996)

In order to clarify changes of hydrographic and fishing conditions correlated with intrusion of low–salinity water in the Hibiki–Nada, measurements of salinity and temperature were carried out near the coast of Shimonoseki in Yamaguchi Prefecture between 1985–1988, in addition to collecting fishing information about the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* by boats with stick–held–net. Intrusion of low–salinity (<33) water was observed in July 1985–1987. The low–salinity water was thought to intrude near the coast of Shimonoseki through the Tsushima Strait from the East China Sea. Salinity decreased suddenly in a short period of about ten days. The decrease of salinity in 1985 and 1986 was probably attributed to the Ekman transport due to the blowing of southwesterly winds. After the intrusion of low–salinity water occurred, the sardine catch suddenly increased, while the anchovy one decreased. Not only hydrographic condition but also the fishing condition changed largely through the intrusion of low–salinity water.
Key words: low–salinity water, the Hibiki–Nada, Japanese sardine and anchovy

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea－II. Age and Growth

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 47–54 (1996)

A comparative examination on the two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, "Honmeita" and "Bakemeita", in the East China Sea and the Yellow Sea, was undertaken to clarify age and growth structure. Histograms of the size composition were divided into normal distributions and the Walford graphic method was applied, using the mean of each normal distribution. Bertalanffy's growth equations can be shown as follows;

Female "Honmeita" : $L_t=361.3[1-\exp\{-0.226(t+1.510)\}]$

Male "Honmeita" : $L_t=383.9[1-\exp\{-0.154(t+2.480)\}]$

Female "Bakemeita" : $L_t=328.0[1-\exp\{-0.163(t+2.213)\}]$

Male "Bakemeita" : $L_t=233.5[1-\exp\{-0.464(t+0.716)\}]$

(L_t, total length; t, age) The growth of "Honmeita" is significantly faster than that of "Bakemeita". The growth of female of "Honmeita" is faster than that of male, although no difference was detected in the growth of female and male of "Bakemeita".

Key words: comparative study, frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, age, growth, East China Sea

---

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea－III. Sexual Maturation and Seasonal Change of Distribution

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 55–62 (1996)

A comparative examination on the two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, "Honmeita" and "Bakemeita", in the East China Sea and the Yellow Sea, was undertaken to clarify spawning season, maturation size and seasonal changes of distribution. Spawning season of "Honmeita" was considered to be from January to the middle of March and that of "Bakemeita" from February to the end of March. Maturation sizes of female and male "Honmeita" were approximately 190mm and 180 mm total length (TL), respectively. In "Bakemeita", both female and male maturation sizes were approximately 150 mm TL. Most of the two years old fishes of the two types were considered to be mature. "Honmeita" migrated toward the north during spring to summer and toward the south during autumn to winter, although "Bakemeita" showed no conspicuous migration. So, the two types are distributed over a broadly overlapping area during winter, and with little during summer.

Key words: comparative study, frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, spawning season, maturation size, seasonal change, distribution, East China Sea

Short Term Variations in the Number of Japanese Sardine Eggs Collected from the Adjoining Area of Nagasaki Harbor

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 63–71 (1996)

Short term variations in the number of collected eggs of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, were investigated. Sardine eggs were collected at the nine stations by plankton net at intervals of one to nine days. Samplings were also carried out every other hour. The total number of eggs collected at the nine stations varied from 2,259 to 4,655/haul in 1988 and from 1,919 to 9,781/100 m^3 in 1989. The number of eggs collected every other hour varied from 148 to 344 and from 11 to 72/100 m^3. The maximum variation of eggs collected at the nine stations was 11.7～20.4 times in 1988 and 5.4～33.8 times in 1989. This result indicates that the number of sardine eggs collected by plankton net changes considerably during short time periods and between adjacent stations, and that the total egg production calculated from spawning survey data may include wide variations.

Key words: Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, net sampling, variation, egg production, spawning survey

Migration of Ocellate Puffer, *Takifugu rubripes*, based on Tagging Experiments in the East China Sea and the Yellow Sea

Masaru Tagawa and Masaki Ito

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (74), 73–83 (1996)

About 300 tagged puffers were released in tagging experiments to elucidate the migration of the ocellate puffer in the East China Sea and the Yellow Sea in the autumn and winter. Tagged fish were recaptured mostly in the coastal waters extending from the northwest to the north of Kyushu. Recapture was obtained also in the Seto Inland Sea and in the coastal waters of the western Japan Sea. The period of recapture was from March to June, when this species spawns. The location of recapture was very close to the spawning ground. The results of tagging experiments indicate that the adult ocellate puffers distributed in the East China Sea and the Yellow Sea migrate to in coastal areas in western Japan for spawning. After spawning, the puffer seem to migrate again to the East China Sea and the Yellow Sea, and to the Gulf of Pohai.

Key words: ocellate puffer, *Takifugu rubripes*, migratory ecology, the East China Sea, the Yellow Sea, tagging experiment

西水研研報　第74号　平成８年10月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 74 October 1996

秋季（1990–1992）の東シナ海における低次生産力と水系区分

小笹　悦二*・山田　梅芳*・入江　隆彦**

Distribution and Abundance of Planktonic Biomass and Productivity and its Relation to Water Types in the East China Sea in Autumn 1990–1992

Etsuji Kozasa*, Umeyoshi Yamada* and Takahiko Irie**

ABSTRACT

Transect surveys of planktonic biomass and marine environment conditions of the Yellow Sea and East China Sea were carried out in October 1990, 1991 and 1992. Measurements of *in situ* chlorophyll, temperature and salinity via CTD, and via a NORPAC net zooplankton were sampled. Using the water temperature and salinity, 5 water types were divided through varying degrees of mixing of the kuroshio water (K) with coastal waters: from the slight mixing (type Ⅰ) to coastal waters (type Ⅳ). We discuss the relationship between the environmental characteristics of these water types and their planktonic biomass and production.

Standing stock/biomass of phytoplankton in water type Ⅰ was low, type Ⅲ and Ⅳ had high standing stocks/biomasses. Zooplankton biomass was low in type Ⅳ but high in type Ⅲ water. Transfer efficiency of biomass/energy in waters of high transparency phytoplankton low standing stock waters (type Ⅰ waters) was high (33.8%), energy/biomass transfer for coastal waters from the Chinese mainland was only half as efficient (16.9%).

平成８年５月16日受理（Received May 16, 1996）
西海区水産研究所業績526号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 526）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
**中央水産研究所　〒236 神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4（National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 236, Japan）

は じ め に

東シナ海は広大な陸棚域を有し，台湾方面からは黒潮によって熱エネルギーが運ばれてくる（森永ら，1995；川合，1991）．一方，中国大陸からはその河川水を源とする沿岸水によって豊富な栄養塩が補給されている（渡辺，1993，近藤，1985；金子ら，1985）．これら両水系を主体として，東シナ海は海水が複雑に混合する生産性の高い海域である．

このような東シナ海では海洋の一次生産者である植物プランクトンは中国大陸から補給される河川水と海水とが混合する縁辺域で活発に増殖（小笹，1984）し，これを捕食する動物プランクトンは植物プランクトンの多い水域の周辺が主な分布域になっている．食物連鎖はさらに高次へと続き魚類を主体として幼稚仔期から成体までがその種類と成長段階に応じてこの海域のプランクトンを餌料として広く利用し生活している．

黄海・東シナ海の以西底びき網漁場ではこれまで物理環境・プランクトン分布・魚類分布調査等が多く実施され，魚類を中心とした生物分布に関しては山田ら（1986）にも集約されているように詳しく報告されている．しかし，底びき網漁場全域を物理環境から植物プランクトン・動物プランクトンさらに魚類までを同時期に数年にわたり調査した例は少ない．

魚類の再生産性はふ化した仔魚が豊富な餌料生物と遭遇する機会が多いか否かによって大きく左右される（田中，1980；1981 a，b，c）．そこで前記の海域において，魚類の初期餌料である動・植物プランクトン現存量とその生産力，それらが生息している環境との関連を追及し，魚類の再生産機構を解明する手段を得る目的で物理環境から魚類生態までの同時調査を1990–1992年の秋季に実施した．そのうちここではプランクトン現存量と生産力，その物理環境について考察した．

本研究を行うにあたり，同乗調査員の方々と調査船陽光丸の乗組員諸氏には面倒な船上測定に協力いただいた．アレック電子株式会社には現場型蛍光光度計の調整等に協力いただいた．會澤安志旧資源増殖部長には論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して心から感謝の意を表する．

方　　法

調査は1990～1992年の10月（26日間）に Fig. 1 と Table 1 に示す海域で実施した．調査地点では CTD 観測による水温・塩分と，直径30cm セッキー板を用いて透明度を測定した．植物プランクトン量の計測は現場型蛍光光度計を直接海中に垂下して水中の蛍光値を鉛直方向に連続測定した．得られた値は別に測定したクロロフィル a 量に基づいてクロロフィル量（西条，1975；小笹・西澤，1982）を求めた．

動物プランクトン採集は濾水計付き改良型ノルパックネットを用いて海底直上から海面まで鉛直びきを行い，得られた試料は5％ホルマリンで固定し，研究室において魚類等の初期餌料として重要なカイアシ類とその他に分類して個体数を計数し，その乾燥重量を測定した．

解析に際しては科学技術庁資源調査会（1980）*を用いたので関係係数を示す．

---

*科学技術庁資源調査会（1980）で使用された係数
有光層 ： 透明度×3
植物プランクトン現存量（A）：有光層内のクロロフィル量積算値
植物プランクトン日生産量（B）：A×(水系別日サイクル)
動物プランクトン現存量（C）：「1)．ネットプランクトン乾燥重量×採集層」＋「2)．小型プランクトン＝1)×3」
＋「3)．微小プランクトン＝1)×0.25」
動物プランクトン日生産量（D）：「ネットプランクトン日生産量＝C，1)×0.0109**」＋「小型プランクトン日生産量
＝C，2)×0.0328**」＋「微小プランクトン＝C，3)×0.1369**」
転送効率（E）：動物プランクトン日生産量（D)÷植物プランクトン日生産量（B）
**動物プランクトンのサイズ別日サイクル

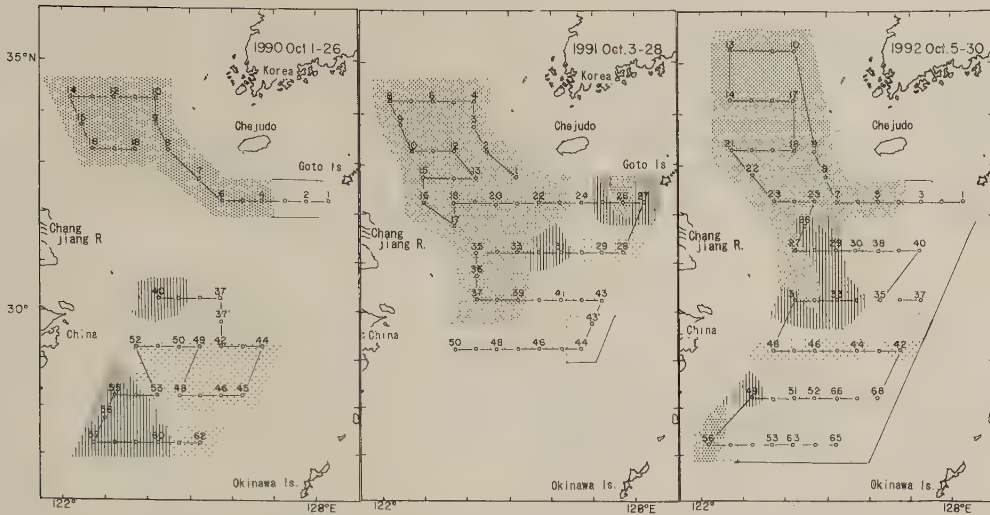


Fig. 1. Location of the sampling stations along the transects and the autumn distribution of the water type used in this study in the East China Sea in October 1990, 1991 and 1992.
: Water Type I　: Water Type II
: Water Type III　: Water Type IV

Table 1. Dates and areas investigated

Date	Period Days	Investigation area		No. of stations observed
1–26 Oct. 1990	26	27°15′–34°15′N	122°15′–128°15′E	44
3–28 Oct. 1991	26	29°15′–34°15′N	122°15′–128°15′E	51
5–30 Oct. 1992	26	27°15′–35°15′N	122°15′–128°15′E	61

結　　果

1. 水系区分

調査に26日間を要しているため解析に際しては，調査時の海況要因を考慮した水系区分を用いた．

東シナ海においてこの方法に基づいた水系区分で近藤（1985；1988），山下（1980）によると，水深50m層の水温・塩分値に基づいて水系区分を行うのが適当と報告されている．

本報では海深100m以深の地点においては水深50m層の値を用い，それ以浅の地点では海深の1/2深度の水温・塩分値を使用した．これは中国大陸寄りでは海深が50m以浅の水域があり，近藤（1985；1988），山下（1980）の方法によるとこれらの地点においては底層の値を代表値とせざるを得ない．しかし，水温・塩分の鉛直断面分布から検討して底層の値がその地点の代表値としてふさわしくない場合が考えられたので前記の方法による値を用いて，佐原・半沢（1979）の水系区分に準じた．

佐原・半沢（1979）による水系区分の概略は黒潮系水（K）と沿岸水の混合比により黒潮の影響が大きいところを水系Iとし，逆に影響の小さいところを水系IVの5段階に分類している．さらに⊿STの等値線により450cl/t以上を1，450–350 cl/tを2，350–250cl/tを3，250cl/t以下を4の4段階に分類し，前記の分類法の補助的役割としている．この方法に基づく調査海域の水系区分と調査地点を Fig. 1 に併せて示している．

2．水温・塩分の断面分布

調査海域の概要を把握するため北から南へ東西方向に，黄海域の代表として黄海中央線．中国沿岸からの河川水の張り出しと五島西方の暖流域を摑むため長江東方線．さらに黒潮の影響の大きな海域として東シナ海中央線の3本を設けその水温・塩分の鉛直分布を検討した（Fig. 2).

1）水　温

黄海中央線（34°15′N)：1990年は全線において海面から水深22mまでは春から夏季に形成された暖かい海水が広く覆い．その下層に温度差12℃の顕著な躍層が発達していた．底層には冬に形成された黄海中央冷水がこの時期まで残っていた．1991年の躍層は前年より幾分分散して上下幅が厚い．1992年はその幅がさらに広がって全線で水平方向に形成されていた．

長江東方線（32°15′N)：1990年の等温線は基本的には東に深く西に浅い分布様式を示していた．1991年は126°45′Eで24℃の等温線が海面から水深60mまで楔状に突入し，その東西で温度躍層が盛り上がっていた．黄海中央冷水の南下によるとみられる底層冷水は1990年と1992年は不明瞭だが，1991年は2カ所に分かれて認められた．また，各年とも125°E付近から西の海域では鉛直的に温度勾配がみられない海域になっていた．

東シナ海中央線（29°15′N)：温度躍層は東から西へ一旦深くなり，その後は海底地形に沿うように形成されていた．1991年はこの海底地形に沿う部分がみられず，中程から西では躍層も消滅していた．東側の底層には陸棚斜面域からのはいあがりとみられる低温水があり，1992年はそれ以前の調査より1℃高い．

2）塩　分

黄海中央線：1990年は温度躍層と同じ深度に塩分躍層が形成され，1991年と1992年は水平・鉛直方向ともに塩分変化は緩やかであった．

長江東方線：躍層は形成されず全層がほぼ均一分布か，ゆるやかに変化していた．1991年は西端に31の低塩分水があり，1992年は前2年より塩分変化は少ない．また，塩分分布からは黄海中央冷水の存在は不明である．

東シナ海中央線：北の2線より塩分変化は少なく，1991年と1992年は濃度差0.5幅間隔では等値線が描けない程に安定した海域になっていた．

3．クロロフィル最大値の分布

一次生産が活発な海域を推測するため，測定試料の多い1992年について透明度とクロロフィル最大値の水系分布を Fig. 3 に示す．

植物プランクトンの増殖に大きな影響を及ぼす照度の指標である透明度（●：推定）分布は，長江沖合の東から北側で中国大陸沿岸線に平行するように透明度の低い水域が広がり，この中には透明度2m以下の高濁度4地点が含まれていた．

クロロフィル最大値は東シナ海南東部と五島西沖で低く，30°N線の陸棚斜面付近でその傾向が高い．東シナ海南部では南西諸島側で低く中国大陸寄りで高くなる図式を示し，27°15′N線でこの傾向が明瞭に現れていた．長江沖合域は東シナ海中南部の陸棚斜面域よりもやや多い程度（2 mg/m^{3}以下）で平均化された海域になっていた．一方，長江以北では済州島南西海域に最も高い地点があり，これに中国大陸寄りの1地点が続いていた．黄海域ではやや高い値を示しているものの変化は少ない．

水系別のクロロフィル最大値と透明度との関係を Fig. 4 に示す。破線で囲んだ水系Ⅲ（5地点）と水系Ⅳ-1（6地点）の11地点での透明度は低く，しかもクロロフィル最大値も低い結果から推察して，これら11地点で透明度が低い主な原因は植物プランクトン細胞以外の浮泥等によってもたらされた高濁度域と考えるのが妥当であろう．

濁度は水中の浮遊懸濁物による光の散乱が主な原因であり，それが植物プランクトン細胞以外の浮泥等が多い水域にあっては，これらの地点を考察から除外すべきと考え，透明度の低い原因が明らかに浮泥等に由来しているとみられる前記の Fig. 4の破線で囲む11地点（Stn. 23-33）については以下の考察から除外した．

4．クロロフィル量の鉛直分布

植物プランクトンはその環境によって分布様式を異にする（小笹，1989)．水系別に代表的とみられるクロロフィル量の鉛直分布パターンとその地点の Sigma-t を Fig. 5 に示す．Sigma-t は水系Ⅰ（Stn. 37)・Ⅱ（Stn. 45)・Ⅲ（Stn. 34）ともに海面から水

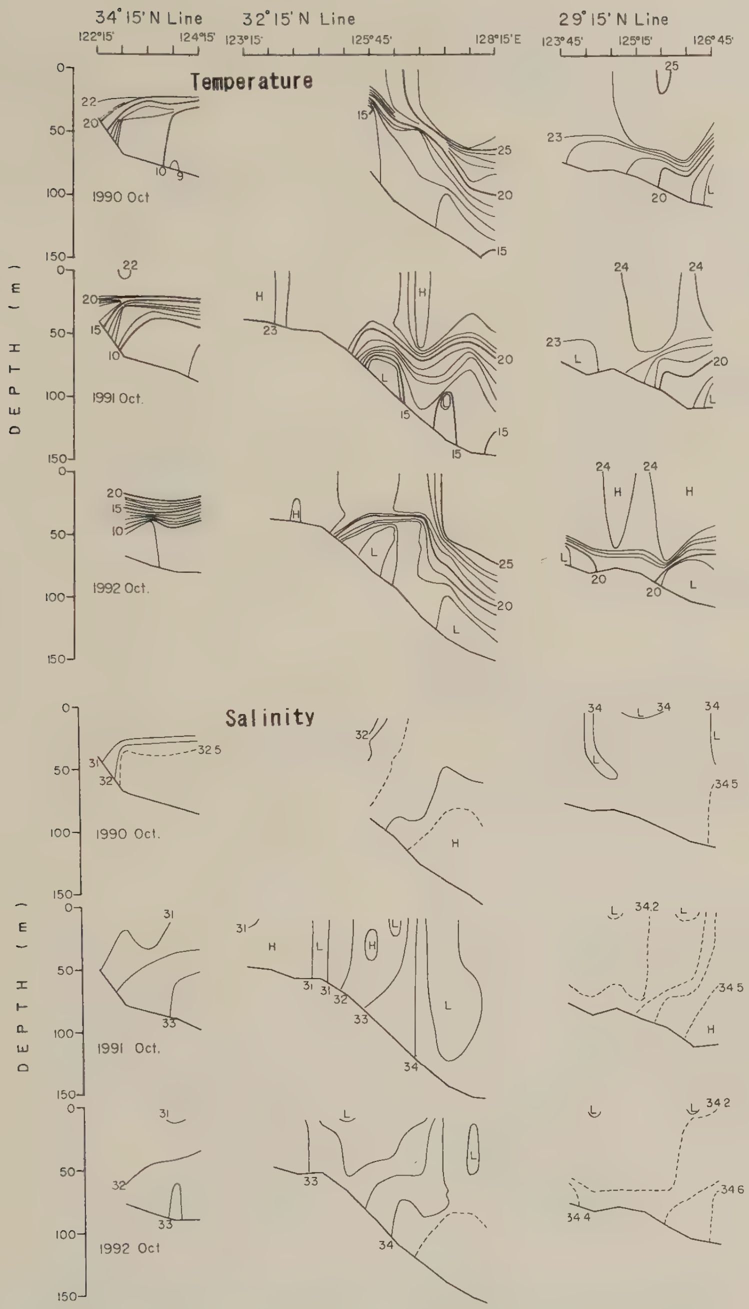


Fig. 2. Vertical temperature and salinity profiles in the East China Sea along the transect lines: Lat. 34°15′N, 32°15′N and 29°15′N in October 1990, 1991 and 1992.

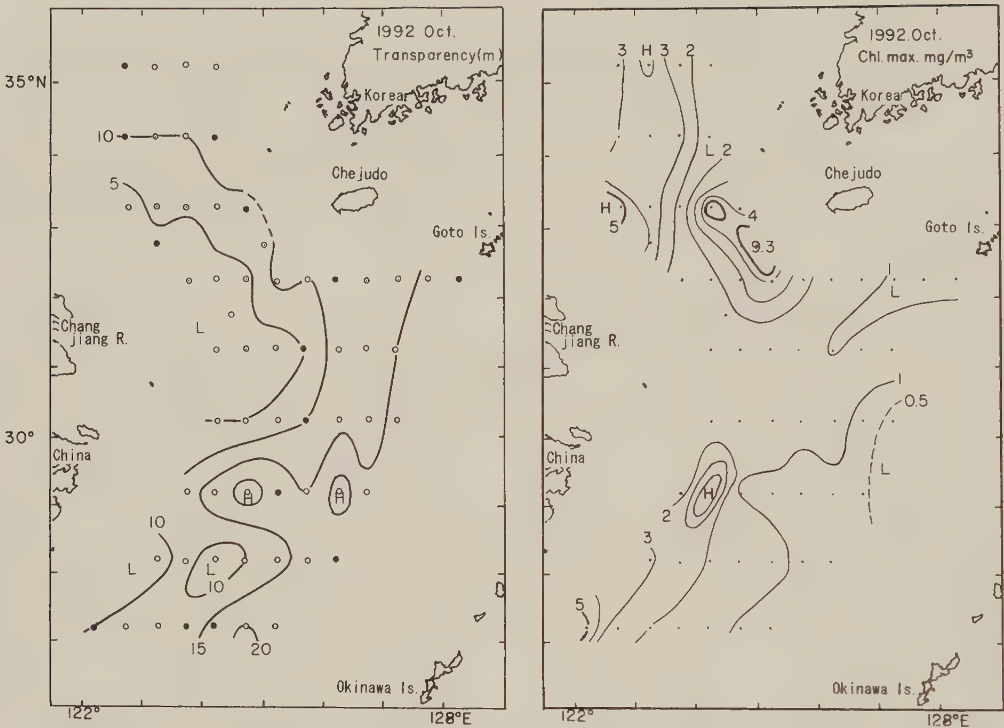


Fig. 3. Distribution of transparency (m) and the *in situ* chlorophyll maximum (mg/m^3) at the sampling stations in October 1992.
○ : measued value
● : estimated

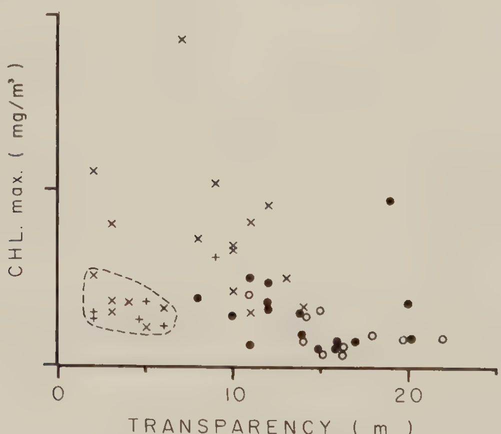


Fig. 4. Correlation between the *in situ* chlorophyll maximum/concentration (mg/m^3) and the transparency by water types in the East China Sea in October 1992.
data encircled by dashed line, due to probable abiotic suspended material, are excluded from analysis (see text).
○ : water type Ⅰ ● : water type Ⅱ
+ : water type Ⅲ × : water type Ⅳ

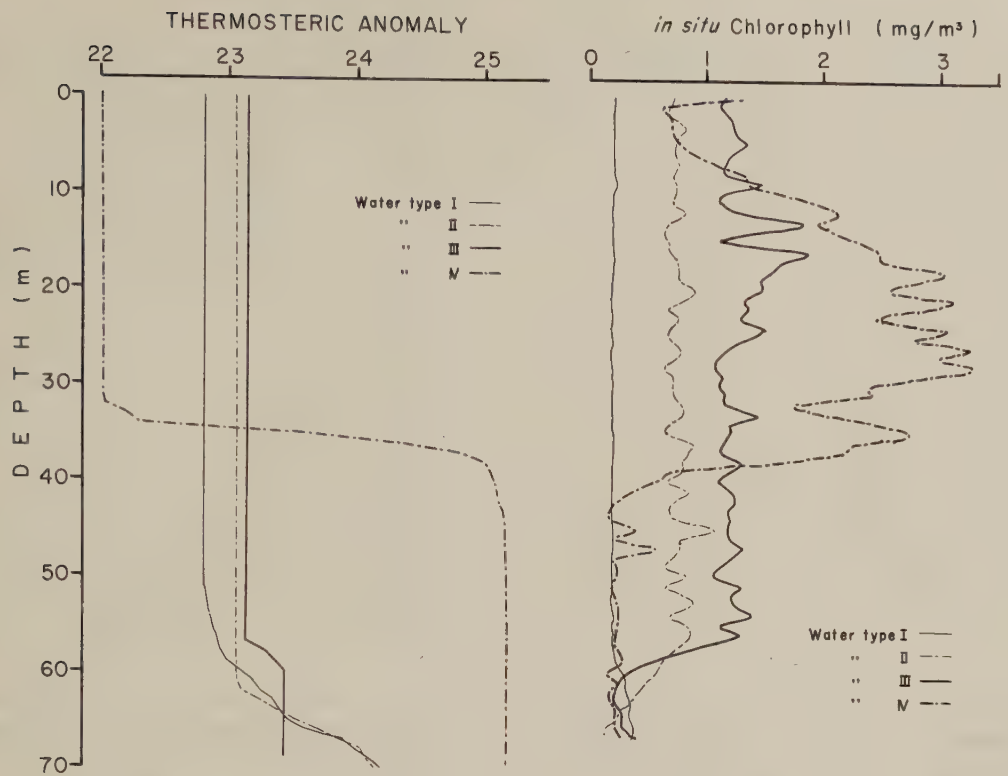


Fig. 5. Vertical profile of the thermosteric anomaly and the *in situ* chlorophyll (mg/m³).
———— : water type I　– – – – – : water type II
———— : water type III　–·–·–·– : water type IV

深55m付近までは変化はみられない．これに対して水系IV（Stn. 15）では海面から水深32mまでは同一であるが，これ以深の6m間で大幅に上昇していた．

一方，クロロフィル量の鉛直分布は水系I・II・IIIとも量的に異なり，また凹凸の程度も異なるものの海面から水深58mまでは安定した変化幅を示していた．これ以深で Sigma-t に変化が現れる深度から水系Iでは増加し，水系II・IIIでは減少に転じている．これらに対して水系IVのパターンは表層から一旦減少した後に漸次増加に転じ水深18mから増減が激しくなり，水深28m で最高に達した後は減少に転じ，Sigma-t が上昇する深度から急激に減少し，48m以深では水系IIIの値に近似していた．

5. 植物プランクトン現存量

3年間の植物プランクトン現存量（小笹・山田，1992；小笹ら，1993；入江ら，1994）のうち，1990年は黄海域よりも30°N以南に多く，長江沖合が最も少ない．1991年の長江沖合は前年より多く，29°15′N線はほぼ同じレベルにあった．長江以北の中国大陸寄りには少なく，済州島南西海域は前年より多かった．1992年の長江沖合は前年と同様であり，済州島南西海域は前年よりさらに多い地点があり，地点間の濃度差が3年間で最も大きい．

水系別の有光層と植物プランクトン現存量の関係を Table 2 に示す．水系I・III・IV（8，9m）の有光層は1990年に比べ，1991年と1992年の方が各々浅く，特に1992年の水系IIIは17mも浅くなっていた．しかし，水系IIのみは1990年に比べ1991年と1992年の方が2－3m深い．

植物プランクトン現存量は1990年の水系I（827.2 mg/m³）は1992年の55%と少なく，また水系IV（1992

Table 2. Distribution of phytoplankton or zooplankton biomass and the transfer efficiency and biomass of the water types in the East China Sea in October 1990 or 1992.

Investigation year	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Water type	I	I	I	II	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
A：Euphotic layer (m)	59	46	48	40	43	42	46	43	29	38	30	29
B：Phytoplankton biomass (mgC/m^2)	827.2	1,484.5	1,516.3	1,643.5	1,893.0	1,633.0	2,195.4	2,329.0	1,918.7	1,093.4	1,560.8	2,506.1
C：Phytoplankton production ($mgC/m^2/Day$)	99.26	178.14	181.95	230.09	265.02	228.62	351.26	372.64	306.98	218.68	312.17	501.23
D：Zooplankton sampling layer (m)	112	101	108	90	88	93	89	99	72	62	54	67
E：Zooplankton biomass (mgC/m^2)	611.7	2,863.9	1,403.4	1,307.9	2,790.0	1,603.8	1,948.9	3,935.5	1,970.3	1,180.2	1,875.8	1,410.8
F：Zooplankton production ($mgC/m^2/Day$)	19.95	96.92	45.77	42.66	94.42	52.31	63.57	133.19	64.26	38.49	63.48	46.01
G：Copepoda biomass (mgC/m^2)	85.11	269.80	175.41	214.31	302.82	231.32	319.88	345.11	333.92	88.37	193.48	179.27
H：Copepoda production ($mgC/m^2/Day$)	0.699	2.217	1.442	1.762	2.489	1.901	2.629	2.837	2.745	0.726	1.590	1.473
I：Transfer efficiency	0.1979	0.5310	0.2857	0.2115	0.4303	0.2667	0.2134	0.3545	0.2104	0.1871	0.2201	0.1003

年）の33%にとどまっていた．水系ⅠとⅣは経年的に増加傾向を示し，水系Ⅳ（1992年）の現存量は1990年の2.3倍に達していた．しかし，水系ⅡとⅢはこれとは異なり，1991年が多くて，1992年は少ない．

水系別に比較すると水系Ⅰ（1,276 mgC/m^2）が少なく，水系Ⅱ（1,723.2 mgC/m^2）とⅣ（1,720.1 mgC/m^2）はこれよりやや多く，水系Ⅲは水系Ⅰの1.7倍の現存量を示していた．

6. 動物プランクトン現存量

3年間の動物プランクトン現存量（小笹・山田，1992；小笹ら，1993；入江ら，1994）は各年とも共通して長江沖合と黄海域で沿岸水の影響が大きい水域には少なく，1990年はこの傾向が強く現れていた．1991年は黒潮の影響が大きい五島南西海域の水系Ⅰ～Ⅲがその前後の年より2～4倍多いのが特徴的である．

水系別の動物プランクトン現存量を Table 2 に示す．採集地点の相違が採集量にも影響しているのか，1991年は全域において少なく1992年の約44%にとどまっていた．

動物プランクトンに占めるカイアシ類の割合は7.5%（1990年Ⅳ）から16.9%（1992年Ⅲ）の範囲で変化していた．1992年の例では黒潮の影響が大きい水系Ⅰ（12.5%）と沿岸水の影響が大きい水系Ⅳ（12.7%）で同じ比率を示し，混合水域とみられる水系Ⅲでやや高い割合（16.9%）を示していた．

7. 動・植物プランクトン生産量

植物プランクトン生産量（科学技術庁資源調査会，1980 水系別係数Ⅰ＝6，Ⅱ＝7，Ⅲ＝8，Ⅳ＝10）は黒潮系の水系Ⅰに少なく黄海域の水系Ⅳと混合水域の水系Ⅲで多く水系Ⅱはその中間的な位置にあった（Fig. 6）．

動物プランクトン生産量は1990年の水系Ⅰに少ない．逆に生産性が高いところは植物プランクトンの場合と異なり1991年の水系Ⅲであった．水系別に比較すると水系Ⅳ（49.33 $mgC/m^2/Day$）が低くて水系Ⅲ（87.01 $mgC/m^2/Day$）が高く，1.8倍の差がみられた．

8. 動物プランクトン主組成

主な出現種（個体数）は各水系ともカイアシ類が圧倒的な優占種であった．1992年の水系Ⅲ（72.5%）においてその傾向は強く，最も少ない1990年の水系Ⅳでも43.5%に達していた．

サルパ類は1991年の水系Ⅲの Stn. 31（457.9 ind/

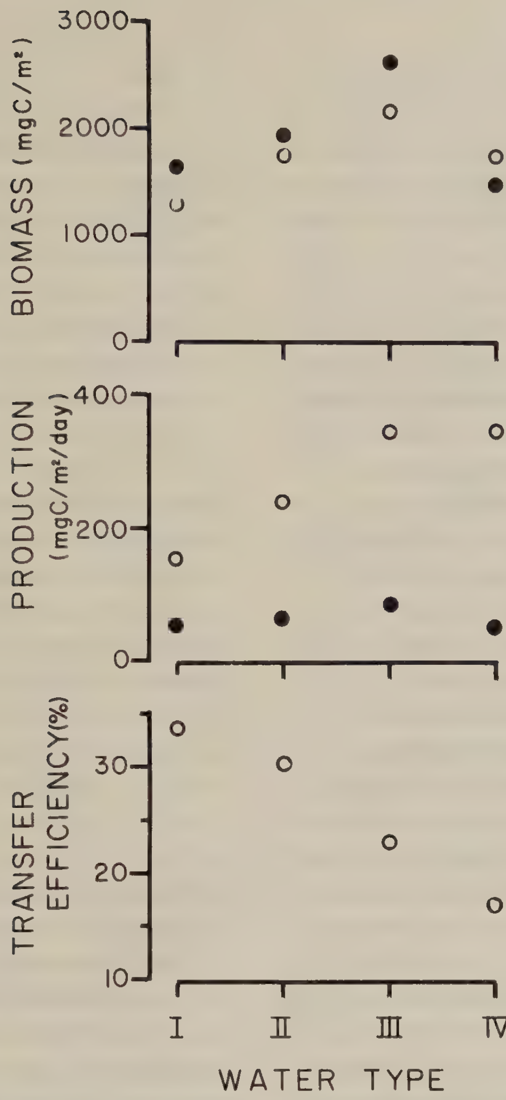


Fig. 6. Distribution of Phytoplankton and zooplankton productivity by water types in the East China Sea in October 1990, 1991 and 1992.
○ : Phytoplankton　● : Zooplankton

m^3）と1992年の水系IIの Stn. 46（251.0 ind/m^3）付近において局所的に多く，矢虫類は水系IVによく出現するがその割合は1.9–15.4%にすぎない．尾虫類は黒潮の影響が大きい水系に広く出現していた．

カイアシ類の中では *Paracalanus* spp. が年変動はあるものの全域に分布し，*Euchaeta* spp. は水系IIIに，また，*Oithona* spp. は水系IVによく出現し，1992年の水系IV（87.4 ind/m^3）の Stn. 12（553.8 ind/m^3）に多く出現していた．*Oncaea* spp. は水系Iと IIの水域で出現率が高く，水系IIIとIVにおいて低くなっていた．また，*Corycaeus* spp. は水系I～IIIで低く，水系IVで高い出現率がみられた．

考　　　察

1990年から1992年の10月に26日間を要して黄海中部域から東シナ海全域に及ぶ大陸棚上で，プランクトン調査とその環境調査を調査船陽光丸により3回実施した．

この時期の東シナ海は穏やかな秋日和から北西の季節風が強くなる冬への季節の変わり目にあたっている．調査開始時は秋季の穏やかな気候であったものが，途中からは北西の季節風の影響を強く受けるようになる．

このため海況もはじめは密度躍層が発達し，これを境にしてその上層と下層で水塊は安定していた．しかし，季節風の連吹が発生するようになると海水の上下混合が起こり，前期の躍層は消滅して全層が均一に近い海況様式に一変する．

秋季から冬季の大陸棚上ではこのパターンが一般的である．このような条件下における調査であるから解析に際しては個々のデータがその水域の平均的な値を示しているのか，一時的で特異な事例であるのかを判断するのは非常に困難な問題として残る場合がある．

以上の理由から調査海域を地理的に区分するのではなく，水温・塩分濃度に基づく水系区分（佐原・半沢，1979）による検討を試みた．Fig. 1 に示す水系区分によると，調査年により水系区域の変化がかなりあることがわかる．

黄海中央線：水系Ⅳでは中国大陸側ほど河川水の影響が大きい水域になっていた．

長江東方線：西側は水系Ⅳの水域であり，五島南西沖合は年による変化はあるものの黒潮の影響が大きい．この水域から水系Ⅳへ済州島南西海域で急激に変化していた．

東シナ海中央線：全線が水系Ⅱに区分される．東側の一部には黒潮系水の北上がうかがえる．

この線を斜めに横断する長崎海洋気象台の PN 線が1992年10月9日と11月2日の2回観測されていた．この結果から推察すると，本報の1992年における東シナ海中央線は PN 線の10月9日と同じ分布様式を示しており，1991年は PN 線の11月2日の観測結果と類似している．この事は同時期の調査を年変化とするよりも季節風の吹き出しによる影響を受ける前後による分布の相違のようにも考えられる．

南（1994）は東シナ海を中心とした透明度調査の25年（1964–1988）平均を季節別に取りまとめている．そのうち秋季（10–12月）の透明度分布は，長江河口の北側32°15′N を中心として透明度の低い水域が存在し，その一部は南東方向へ拡大している．

一方，黒潮系水とみられる透明度の高い水塊が28°30′N から西側の大陸棚へはいあがっており，今一つは甑島西方の31°45′N，128°E から北西へ舌状に伸び上がっているのが示されている．

1992年は南（1994）の報告にある28°30′N からのはいあがりに相当する透明度の高い水域が29°N 付近から西方へ124°E まで認められる．しかし，甑島西方からのはいあがりは不明瞭であった．長江沖合の高濁度域は南（1994）の報告より広い範囲に及んでいた．

1992年の透明度とクロロフィル最大値との関係をみると，透明度5m 以下の水域でクロロフィル量が多いのは Stn. 21（5.5 mg/m^3）と Stn. 22（4.0）の2地点であった．両地点において ADCP（8m 層）で計測した流速は0.9–1.4ノット程度であり，潮汐流が卓越していたと考えられる．今回計測した ADCP の結果のうち黄海域から東シナ海中部の流速は，黄海中央部では南北流が0.1–0.5ノット程度と弱い．34°15′N 線では北側より流速は強くなり，弱い潮汐流がみられた．33°45′N 線のそれはさらに強く，潮汐流も明瞭になっていた．これより南方の32°15′N線の125°以西の流速は最大2.4ノットの値も計測されていた．しかし，これ以南の海域の流速は次第に弱くなっていた．

植物プランクトン量（生産性が高い）が多い水域の条件の一つに海水交換が盛んで栄養塩の補給が充分であることがあげられる．1992年の Stn. 21, 22 のように中国大陸からの影響が大きい水域は流速は強く栄養塩の補給も充分あると考えられる．しかし，濁度が高く透明度が低いため光合成が可能な水深は極く浅い．これに対して済州島南西海域は流れによる栄養塩の補給があり，透明度も10m以上はあることから光合成に必要な条件が満たされている海域と考えられる．

高濁度水域のなかでクロロフィル量が少ないところは，その高濁度の主原因は植物プランクトン細胞以外

の浮泥などの鉱物質等による濁度と推測される（田中・代田，1983；小笹，1984）.

この高濁度水域のデータを除外した透明度とクロロフィル最大値との間には逆相関関係（r＝−0.65）があり，透明度が高い水域にはクロロフィル量が少ない関係が得られた（Fig. 4）. 1973年10月に九州西海の橘湾で測定した透明度とクロロフィル *a* 量との関係でも同様に弱い逆相関が得られている（小笹，1977）.

水系別の有光層とクロロフィル量との間には高い逆相関関係（r＝−0.82）があり（Fig. 4），黒潮水系には植物プランクトンは少なく，沿岸水系に多いことが明瞭に現れている.

このように透明度と植物プランクトン量との関係は，濁度が高い沿岸水域には植物プランクトン量が多く外洋域に少ない結果と符号している．しかし，濁度の主因が何によってもたらされているのかを検証する必要があることも示唆している（小笹，1984）.

動物プランクトン現存量に占めるカイアシ類のそれの比は全域で高い（Table 2 G/E）. 1992年の例では水系Ⅰ（12.5%）・Ⅳ(12.7%）ともに同じ比を示し，混合水域とみられる水系Ⅲだけがやや高い16.9%を示していた．これは海域が異なっても前記の比に変化が少ないことを示している.

これらの関係を主組成の比率でみてもカイアシ類が優占種であることには変わりはない．なかでも1992年の水系Ⅲ（72.5%）の比が圧倒的に高く，1990年の水系Ⅳにおける比は低いがそれでも43.5%に達していた．しかし，出現個体数では水系Ⅲ（1991年695.2 ind/m^3）が水系Ⅳ（1990）の13倍と調査年により大きく変化していた．水系別変化は212.3(Ⅰ)～365.9 ind/m^3(Ⅲ)のように少ない．わずか3回の調査であるが，水系ⅡとⅢにおける分布量は多く，水系ⅠとⅣで少ない結果が得られ，混合水域とみられるところでカイアシ類の生産性が高い事が示されている.

サルパ類は局所的（251-458ind/m^3）に出現しており，矢虫類は水系Ⅳに多く，尾虫類は黒潮系水に出現した．カイアシ類のなかでは *Oithona* spp. が水系ⅣのStn. 12 (1992) に553.8 ind/m^3 が分布していた.

一次生産から二次生産への転送効率（科学技術庁資源調査会，1980）は1991年の水系ⅠとⅡはその前後の年より2-3倍高いのに対して水系Ⅳではその差は小さい．また年別には1991年が高く1990年と1992とは低い.

水系別の転送効率は水系Ⅰ（33.8%）が高く，水系Ⅱ，Ⅲと低くなり水系Ⅳはさらに減少して水系Ⅰの1/2になっている（Fig. 6). このことは黒潮の影響が大きい水域においては，植物プランクトン量に対して動物プランクトン量が多く，沿岸水の影響が大きい水域ではこの逆の関係にあることを示している.

日本周辺海域における食物連鎖の転送効率を北海道海域から東シナ海域までをとりまとめた科学技術庁資源調査会（1980）の報告によると東シナ海域のそれは中国大陸沿岸水域の21.8%から黒潮域の85.8%と他の海域に比べて高い転送効率が得られている.

本報の結果は前記の報告とはいささか異なる結果になっている．その異なる主な原因として 1. 水系区分，2. 調査時期，3. クロロフィル測定法の3項目があげられる．特にクロロフィル測定法は科学技術庁資源調査会（1980）では採水法を用いており，本報ではセンサーを水中に垂下する直接測定法による値を用いた.

この相違は冬季など海水の混合が行われている水域における測定結果に差異は少ないと考えられる．しかし，海況が安定して密度躍層が発達し，顕著なクロロフィル極大層が形成されているような状況下では，測定結果に大きな相違が生じる可能性がある．すなわち採水法ではクロロフィル極大層を把握できているか否かによって求める現存量は大きく異なる．これに対して直接測定法ではクロロフィルの極大層やパッチ状分布も捕捉される．その結果から導かれるクロロフィル量に基づいて算出する現存量は採水法による現存量よりも現実の分布量に近似した値が示されていると考えられる.

転送効率（Fig. 6）が黒潮系水(Ⅰ)で高く，沿岸系水(Ⅳ)で低いという傾向は科学技術庁資源調査会(1980）の報告と同様である．しかし，水系間の差が4倍であったものが本報では2倍の変化幅に収まっている理由として前記のなかではクロロフィル測定法の相違が大きく影響していると言えよう．一般に転送効率は30%程度（科学技術庁資源調査会，1980）とされており，今回の結果はほぼこの範囲にあり妥当な値と言える.

文　　献

入江隆彦・山田梅芳・小笹悦二・渡辺康憲・白井　滋　1994：東シナ海の底魚群集と環境調査．1992年10月の東シナ海・黄海域における底魚類の分布と環境．陽光丸調査研究報告，17，79–84.

科学技術庁資源調査会　1980：海洋生物の生産力把握に関する調査．科学技術庁資源調査所，43–98.

金子郁雄・高野芳孝・中野俊也・浦島達郎　1985：KB 線でみた東シナ海の海況季節変化―Ⅱ.（大陸棚上の水塊構造）．黒潮の開発利用調査研究成果報告書，（その８）96–111.

川合英夫　1991：水産生物の環境としての海流の構造．「流れと生物と」(川合英夫編)，1–52，京都大学学術出版会，京都.

近藤正人　1985：東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究–Ⅰ．50 m 深及び底層における平均水温・塩分の分布．西水研研報，（62）19–66.

近藤正人　1988：海洋環境と漁場形成について．南西外海の資源・海洋研究 4，南西水研，101–111.

小笹悦二　1977：九州西海域のプランクトン分布–Ⅱ．橘湾の動植物プランクトン量とカタクチイワシ分布について．西水研研報，（50）19–35.

小笹悦二・西沢　敏　1982：現場蛍光測定法によるクロロフィル定量の問題点．日本プランクトン学会報，29(1)，52–58.

小笹悦二　1984：東シナ海におけるクロロフィル分布–Ⅱ　LANDSAT 3 で観測した 1982 年 5 月の水平分布特性．西水研研報，（61）223–233.

小笹悦二　1989：東シナ海におけるクロロフィルの分布特性．海と空，（64）29–38.

小笹悦二・山田梅芳　1992：東シナ海の陸棚および陸棚斜面の底魚群集と環境調査．1990年10月における東シナ海・黄海域のプランクトン現存量．陽光丸調査研究報告，15，76–82.

小笹悦二・入江隆彦・山田梅芳　1993：東シナ海の陸棚および陸棚斜面の底魚群集と環境調査．1991年10月の東シナ海・黄海域におけるプランクトン現存量．陽光丸調査研究報告，16，71–74.

南　秀人　1994　：東シナ海における水色及び透明度の分布．海と空，70(1)，5–16.

森永健司・加藤　修・中川倫寿・阿部和雄・宮地邦明・鹿熊信一郎　1995：東シナ海に流入する黒潮の中短期変動．1995年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集，p. 10.

長崎海洋気象台　1993：海洋速報，147，1–56.

佐原　勉・半沢洋一　1979：東シナ海の水系分布．海と空，54(4)，13–26.

西条八束　1975：クロロフィルの測定法．陸水学会誌，36(3)，103–109.

田中勝久・代田昭彦　1983：東シナ海大陸沿岸水中における懸濁粘土粒子と凝集体．西水研研報，（60）1–10.

田中　克　1980：海産仔魚の摂餌と生残Ⅰ　天然海域における食性．海洋と生物，2(6)，440–447.

田中　克　1981 a：海産仔魚の摂餌と生残Ⅱ　生残に必要な限界餌料密度の推定（1)．海洋と生物，3(1)，63–68.

田中　克　1981 b：海産仔魚の摂餌と生残Ⅲ　生残に必要な限界餌料密度の推定（2)．海洋と生物，3(2)，140–146.

田中　克　1981 c：海産仔魚の摂餌と生残Ⅴ　魚卵．仔魚の垂直分布と垂直移動．海洋と生物，3(5)，379–386.

渡辺康憲　1993：東シナ海の栄養塩分布–31.5°N 線での観測結果を中心として–．海と空，69(3)，57–66.

山田梅芳・田川　勝・岸田周三・本城康至　1986：東シナ海・黄海のさかな．502，水産庁西海区水産研究所，長崎.

山下秀夫　1980：水温・塩分・浸透圧の分布からみた環境特性．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その３)，科学技術庁研究調整局・海洋科学技術センター，173–183.

現場観測データによるオクトパスの較正—I. 塩分・クロロフィル-aの結果

皆川　昌幸*†・石樋　由香**・阿部　和雄***・渡辺　康憲**

Calibration of Octo Parameter Underwater Sensor, OCTOPUS, using *in situ* Water Samples-I. Salinity and Chlorophyll-a

Masayuki Minakawa*†, Yuka Ishihi**, Kazuo Abe***
and Yasunori Watanabe**

ABSTRACT

The conductivity (salinity) and *in situ* fluorescence (chlorophyll) sensors equipped with an Octo Parameter Underwater Sensor (OCTOPUS) system were calibrated at sea using *in situ* water samples during the YK95-6 cruise of R/V Yoko-Maru in the East China and the Yellow Seas. Good correlations were obtained using regression lines between data from the sensors and the values for the water samples. However, large individual differences between values were found near the surface layer and the halocline for salinity, and in water samples with high chlorophyll-a contents (>1 $\mu g/l$). OCTOPUS calibration procedures and measurement errors at sea are discussed.

は　じ　め　に

海水中の物理，化学，生物学的パラメーターを即時にかつ連続的に得ることは，海洋で起こっている諸過程を解明する上で極めて重要なことである．特に海洋表層では，海洋環境の短期的な変動が生物活動へ大きな影響を及ぼすため，時空間的にきめの細かな観測が望まれる．

平成8年8月7日受理（Received August 7, 1996）
西海区水産研究所業績第532号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 532）
*新技術事業団　〒332 埼玉県川口市本町4-19-8（Research Development Corporation of Japan, Hon-machi, Kawaguchi, Saitama 332, Japan）
**西海区水産研究所　〒850 長崎県長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
***西海区水産研究所石垣支所　〒907-74 沖縄県石垣市字桴海大田148（Ishigaki Tropical Station, Seikai National Fisheries Research Institute, 148 Fukai Ohta, Ishigaki 907-04, Japan）
†To whom correspondance should be addressed: Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan

これまで，現場型の海洋観測装置として様々なものが開発され，実用化されてきた（Herman and Denman, 1977；Broenkow *et al.*, 1983；Ishimaru *et al.*, 1984）．中でも Ishimaru *et al.*（1984）によって開発されたオクトパス（Octo Parameter Underwater Sensor）は，従来の温度，塩分，圧力，溶存酸素に加えて多項目のセンサーを有すること，同時にロゼットマルチサンプラー（Rosette Multi Sampler）による採水も併用できることから優れた装置といえる．

このような装置で得られた観測値は真値とずれていては相互比較できないので，実用化には較正（キャリブレーション）が必要である．較正方法には，検定用器機によるものと現場観測値に基づくものがある．実際，センサーは様々な要因によって器差のずれが生じるので（中井，1990），較正は各観測毎に行うのが理想である．しかしながら，検定機器による較正作業には多くの経費と労力を費やすことから，各研究機関では現場観測値を用いて独自な方法によって較正がなされている場合が少なくない．

我々は，オクトパスの較正の簡略化と実用化を目的として，海洋観測で得られたデータセットに基づく較正を試みた．各センサーについては随時較正を行う予定であるが，今回は，塩分と現場水中蛍光光度計に関して十分なデータセットが得られたのでそれらセンサーの較正およびその方法に関する考察を行った．

装 置 と 方 法

オクトパスの構成と仕様を Table 1 に示す（詳細に関しては Ishimaru *et al.*（1984）参照）．本研究で用いたオクトパスは，温度，圧力，塩分（Falmouth Scientific Inc., ICTD）と溶存酸素（Falmouth Scientific Inc., Model ODO）に加えて，現場水中蛍光光度計（SEATECH Inc., FL-3000），現場水中濁度計（SEATECH Inc., TR-5025），pH センサー（Falmouth Scientific Inc., Model OPH），海底とセンサーの距離をモニターする水中高度計（BENTHOS, Model 2110）そしてロゼットマルチサンプラー（General Oceanic Inc., 1.7l Niskin Sampler x 12：センサー上 0.5m）より構成されている．また，本装置は株式会社エス・イー・エーによって設計された．

較正に用いたデータセットは，西海区水産研究所調査船「陽光丸」平成7年度第6次航海（1995年8月29日～9月12日）によって，東シナ海・黄海で得られた観測値である．各センサーのデータは，ワイヤースピードを 1m/s にて繰り下げ時に収集した．その一例を Fig. 1 に示す．一方，較正用の海水試料はワイヤー巻上げ時にロゼットサンプラーによって採取した．そのうちクロロフィル（Chl-a，フェオ色素）測定用試料は，海水試料 250ml を採取後直ちに船上で濾過（ワットマン GF/F 25mm）し，フィルターを－30℃で凍結保存して得た．塩分はオートサル塩分計（Gildline, Autosal Model 8400B）によって，クロロフィル-a は西條（1975）の方法によって，ともに航海終了後

Table 1. Nominal specification of each sensor.

Sensor	Working		
	range	accuracy	maximum depth
Conductivity	0～70mmho	±0.003mmho	3,500m
Temperature	−2～35℃	±0.003℃	3,500m
Pressure	0～3,500dB	±0.7dB	3,500m
Oxygen	0～15mℓ/l	±0.1mℓ/l	3,500m
Fluorescence	0.02～30μg/l	n. s.*	3,000m
Transmission	0～100%	n. s.	5,000m
pH	0～14pH	±0.1pH	—
Altimeter	Bottom−90m	—	—

*n. s.: not specified.

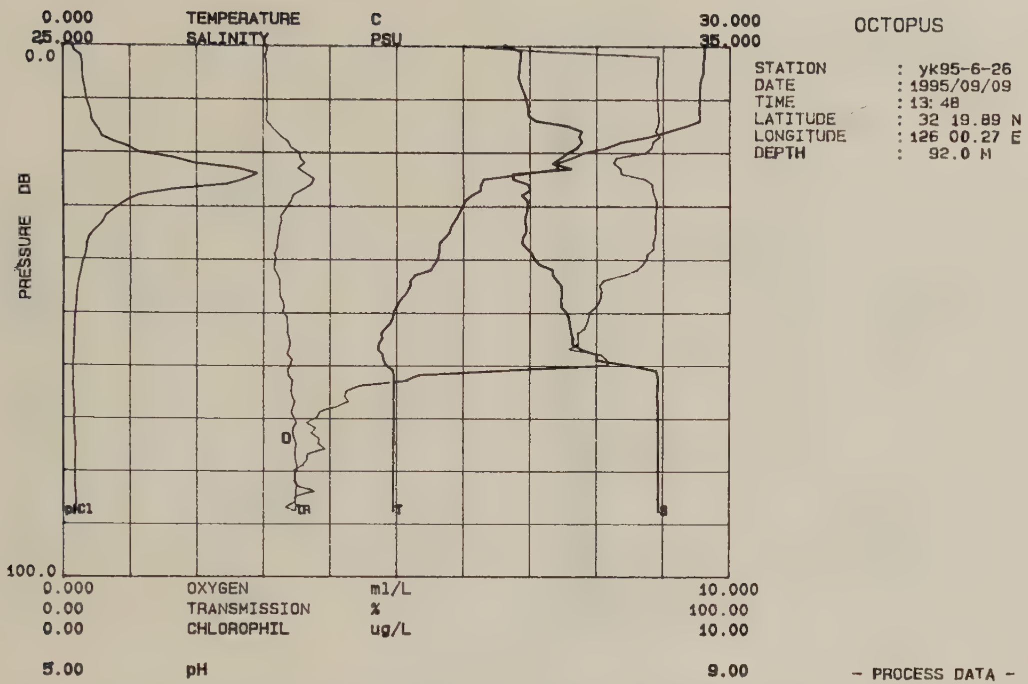


Fig. 1. Vertical profiles of salinity (S), temperature (T), dissolved oxygen concentration (O), chlorophyll (Cl), transmittance (TR) and pH (pH) of station 26 obtained by OCTOPUS in the East China Sea from 29 Aug. to 12 Sep. 1995 during cruise YK95-6 of R/V Yoko-Maru. This station is located at 32°19.89N, 126°00.27E and the water depth of 92 m. pH sensor malfunctioned.

Table 2. Water sample number, and range of values for salinity and chlorophyll.

	No.	range	accuracy or precision	instrument
Salinity	192	22~36psu	±0.003*1	Autosal (Model 8400B)
Chl-a	153	0~5μg/l	7% (0.3μg/l)	Turner Design (Model 10-000R)
Total*2	153	0~5μg/l	8% (1μg/l)	Turner Design (Model 10-000R)

*1 The value cited from Technical manual for Model 8400B

*2 (total) = (chl-a) + (phaeo.)

陸上の研究室にて測定した．用いたデータセット数，較正に用いた測定機器と精度をそれぞれ Table 2 に示す．

結果と考察

1．塩分

表面水を含む全観測点（合計192試料）で得られたセンサーの塩分値とロゼット採水によって得られた塩分値との関係を回帰直線とともに Fig. 2 に示す．塩分23〜35psu の範囲で求めた回帰直線は高い相関関係を示した（$r^2=0.930$, $n=192$）．また，この直線はほぼ傾き 1 で原点付近を通る直線であった．よって較正値は，オクトパスで得られた値から補正値を加減することにより得られるものとした．ここでは，この補正値は両データの残差平均値とした．

一方，この回帰直線上から大きくずれているデータ（最大 3.750psu）も散見され，表面付近と塩分躍層付近のデータセットで特に顕著だった．この原因には，本来求める塩分センサーと採水によって得られた値との系統誤差の他に，センサーの応答速度，温度特性，電気的ノイズ，センサー深度と採水深度との実際の違いなど様々な要因が考えられる．したがって，これらのデータセットは較正に用いるには不適切（red noise）と判断される．各データについて上記の要因を同定することは実際的に不可能なので，較正に不適切なデータを次のようにして除いた．すなわち，両者の残差の平均とその標準偏差を求め，その度数分布から99.7%の信頼限界（$m\pm2.97\sigma/\sqrt{n}$：m は残差平均，σ は標準偏差，n はサンプル数）を超えるものは系統誤

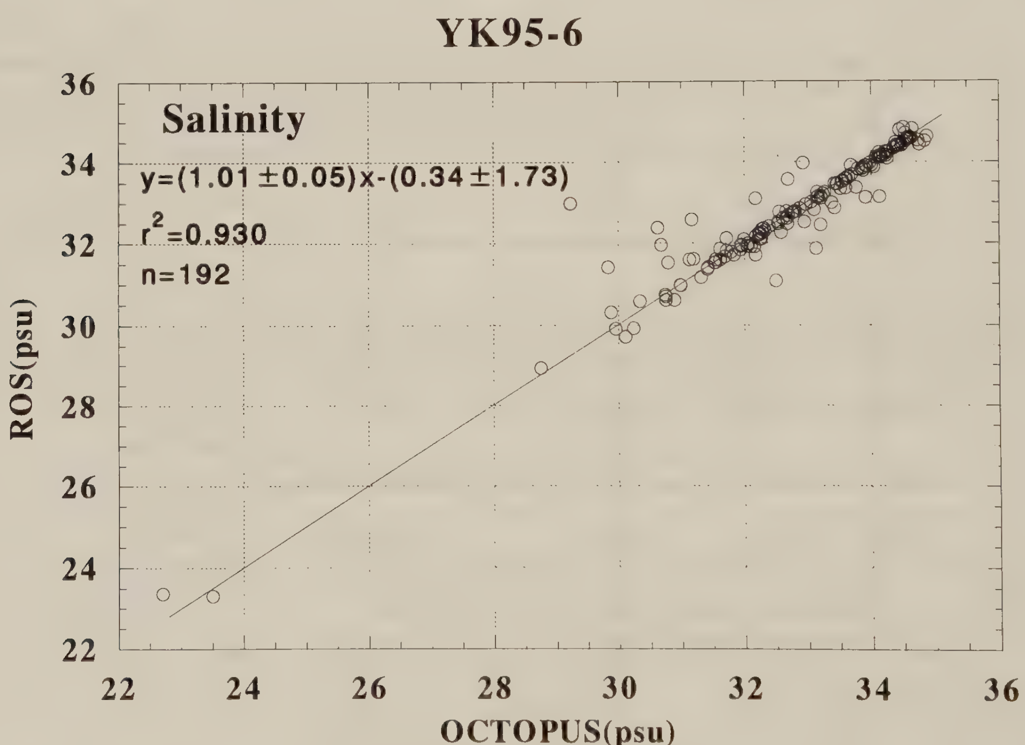


Fig. 2. Comparison of salinity values measured by the conductivity sensor (x) with those by the Rosette Multi Sampler (y) collected during the YK95-6 cruise. The regression line is also shown with three standard deviation crror bars.

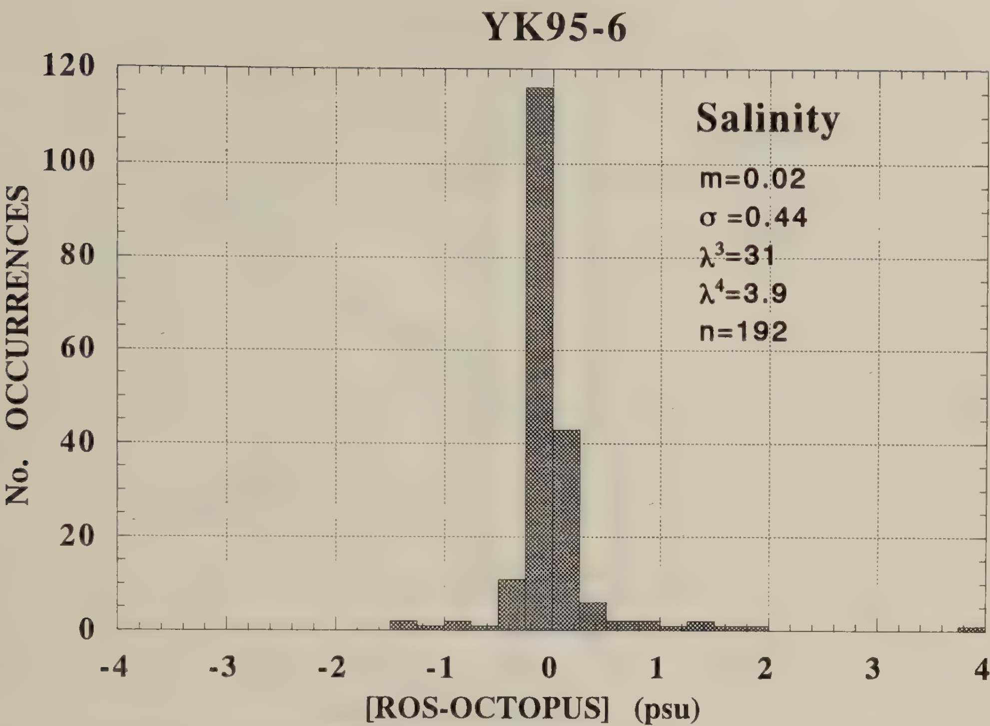


Fig. 3. Histogram of residual salinity differences (Rosette bottle–OCTOPUS) for the YK95-6 cruise. The values of mean (m), standard deviation (σ), skewness (λ^3), kurtosis (λ^4) and sample number (n) are also shown.

差以上の何らかの要因によるものとして除き（柳, 1993；Millard and Yang, 1993)，残ったデータセットについて残差平均を計算した．

Fig. 3 には残差の度数分布を示した．残差範囲は −1.412～3.750psu，残差平均は 0.02psu，標準偏差 (1σ) は0.44psu であった．Fig. 3 より，残差の頻度はほぼ残差平均を中心に分布していることから，これより99.7%信頼区間は −0.070～0.118psu と計算された．

Fig. 4 には，残った131データについての関係を示した．塩分 29～35psu の範囲で，先と同様に回帰直線もほぼ 1 で原点付近を通る直線であった．この時，両者の残差平均は −0.004psu，標準偏差は 0.033psu (3σ) と計算された．この時，較正値（S）は次のようになる．

$$S=[\mathrm{Octopus}]-(0.004\pm0.033)\ (\mathrm{psu})$$

ここで，[Octopus] はセンサーの塩分値である．

この結果は，一般に長江河口付近の低塩分海域を除けば東シナ海・黄海で観測される塩分（例えば近藤, 1985）について十分に満足すべき範囲と精度である．

2. クロロフィル色素

用いた現場水中蛍光光度計は，励起光によって発せられた蛍光のアナログ信号をデジタル化（カウント）し，電圧シグナル（入力電圧＝表示カウント・(5/4096)）へ変換する．本センサーからの信号は現場の相対蛍光値と直線関係が得られることから（Ishimaru *et al.*, 1984)，実際船上では既存の較正式によって濃度へ換算されて表示される（Fig. 1)．

しかしながら，較正式は目的とするクロロフィル-a の濃度範囲に大きく依存する．Herman and Denman (1977) のバリオセンス蛍光光度計を用いた結果によると，クロロフィル-a 濃度が 0.5～50$\mu g/l$ では電圧

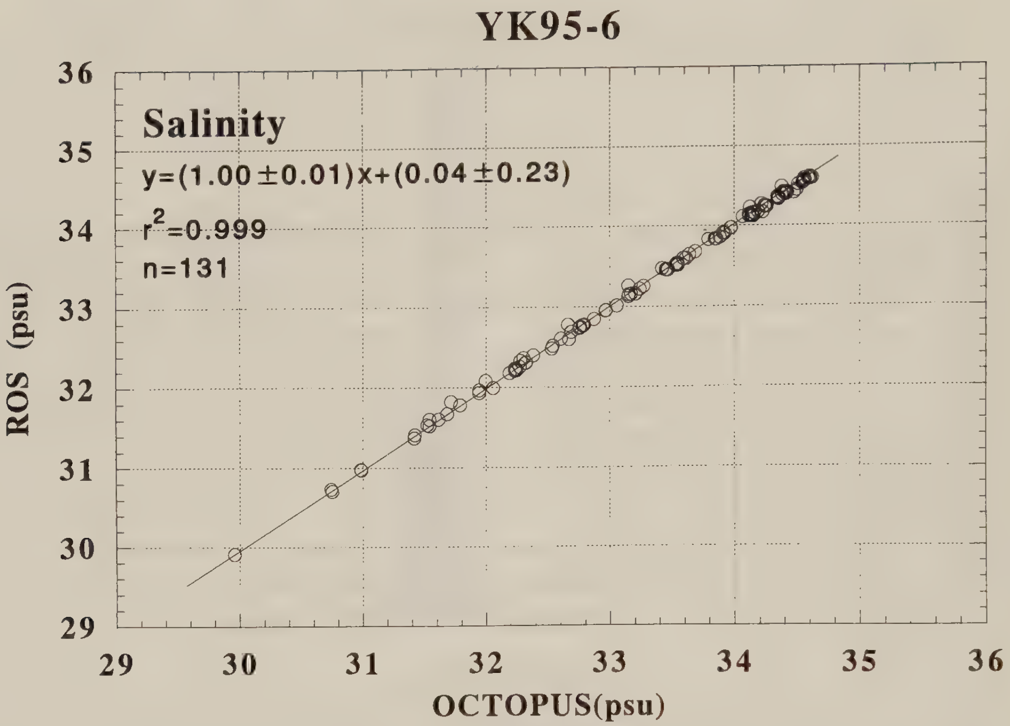


Fig. 4. Correlation of the salinity values which are accepted after removing outlying data (see text) between the salinity measured by the conductivity (x) and those obtained by the Rosette Multi Sampler (y) collected during the YK95-6 cruise. The regression line is also shown with three standard deviation error bars.

シグナルとその濃度との関係は指数関数式で表されるとした．また，Ishimaru *et al.* (1984) はクロロフィル濃度が 0 ～18μg/l と 0 ～0.4 μg/l では電圧シグナルとその濃度はそれぞれ異なる直線関係で表せるとした．このことより，較正には目的とするクロロフィル－a の濃度範囲を考慮する必要がある。

Fig. 5 には，センサー電圧値とクロロフィル-a とトータル（クロロフィル-a＋フェオ色素）の測定値との関係をそれぞれ示した．0 ～5μg/l の範囲で求めた両者の関係は，傾きはそれぞれ異なるがほぼ直線関係にあった．クロロフィル色素濃度はこれら換算式によって与えられるが，実測値はこの式から予想される値よりも大きくずれているものも多い（最大ともに 1.5μg/l)．これは，どちらも濃度が 1μg/l 以上で大きくなると増える傾向にあった．この変動の要因には，センサーの位置と採水器を取り付けた位置の水深の差による違い，センサーの電気的スパイク，プランクトンの種組成の違い，採水した試料間のバラツキなど様々な原因が考えられるので，これらも塩分と同様なデータ処理を行った．

Fig. 6 には回帰直線から求めたクロロフィル-a とトータル予想濃度と実測値との残差の度数分布を示した．ここで，残差平均は両者ともに 0.00μg/l，標準偏差は 0.30μg/l（クロロフィル-a)，0.40μg/l（トータル）であった．残差頻度はほぼ平均値を中心としてバラツキが見られることから，この時の99.7%信頼区間はクロロフィル-a については（−0.071～0.071）μg/l と計算される．

クロロフィル-a についてこの範囲を超えるデータセットを除いたものおよびそれによって与えられるトータル濃度についての関係を Fig. 7 に示す．そのうちトータル濃度については大きく直線からはずれた

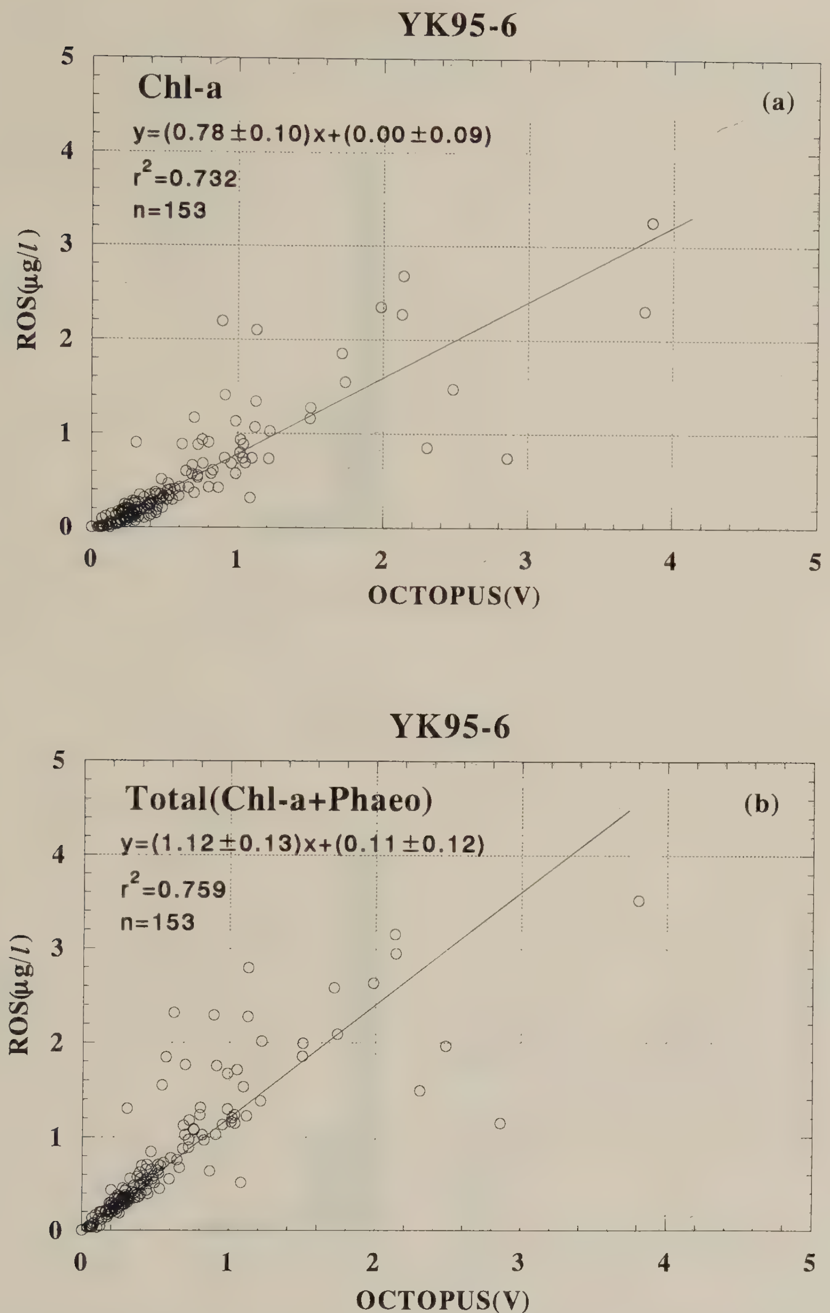
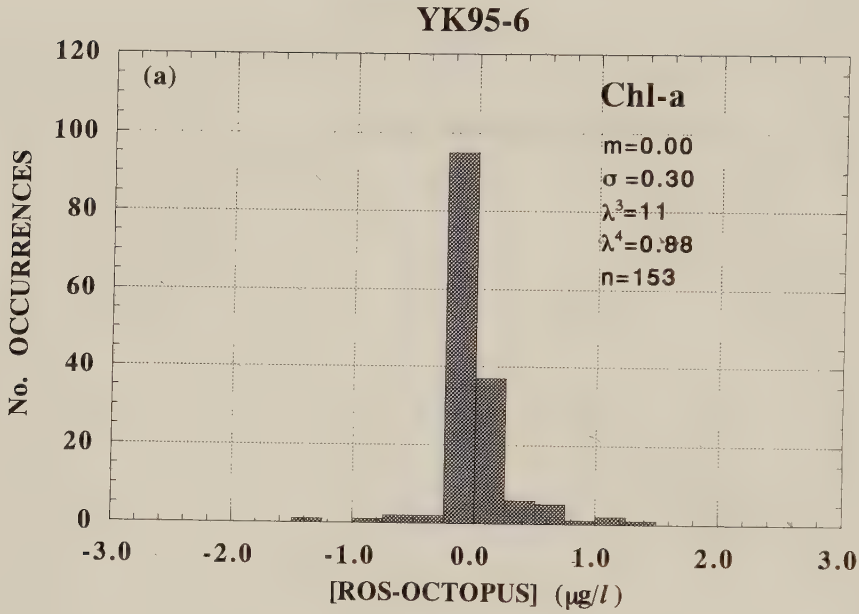


Fig. 5. Comparison of the output signal voltage measured by *in situ* fluorometer (x) with extracted chlorophyll-a (a) and total (chlorophyll-a plus phaeophytin) (b) concentrations obtained by the Rossette Multi Sampler (y) collected during the YK95-6 cruise. The regression lines are also shown with three standard deviation error bars.



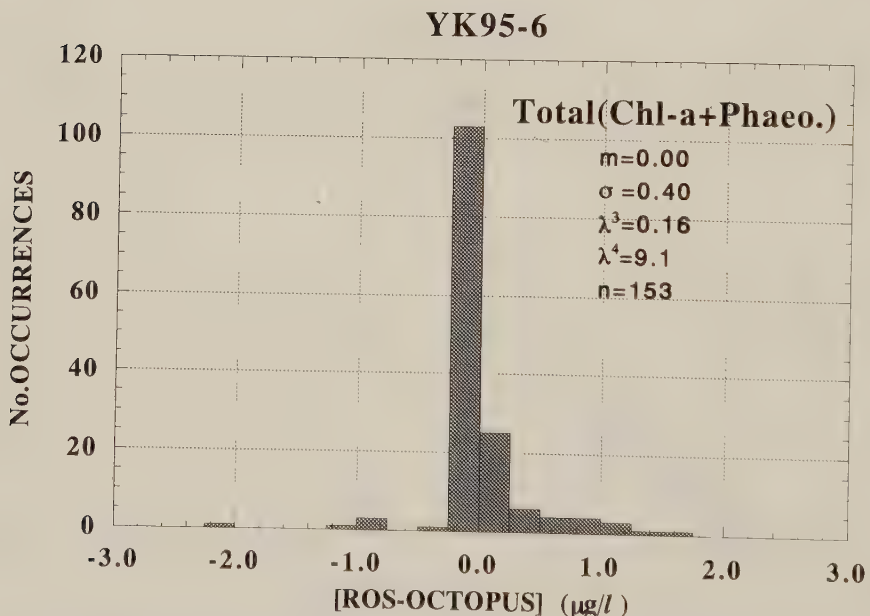


Fig. 6. Histograms of the residual chlorophyll-a (a) and total (b) concentrations (Rosette bottle–OCTOPUS). OCTOPUS values are calculated from the regression lines as shown in Figure 5. The values of mean (m), standard diviation (σ), skewness (λ^3), kurtosis (λ^4) and sample number (n) are also shown.

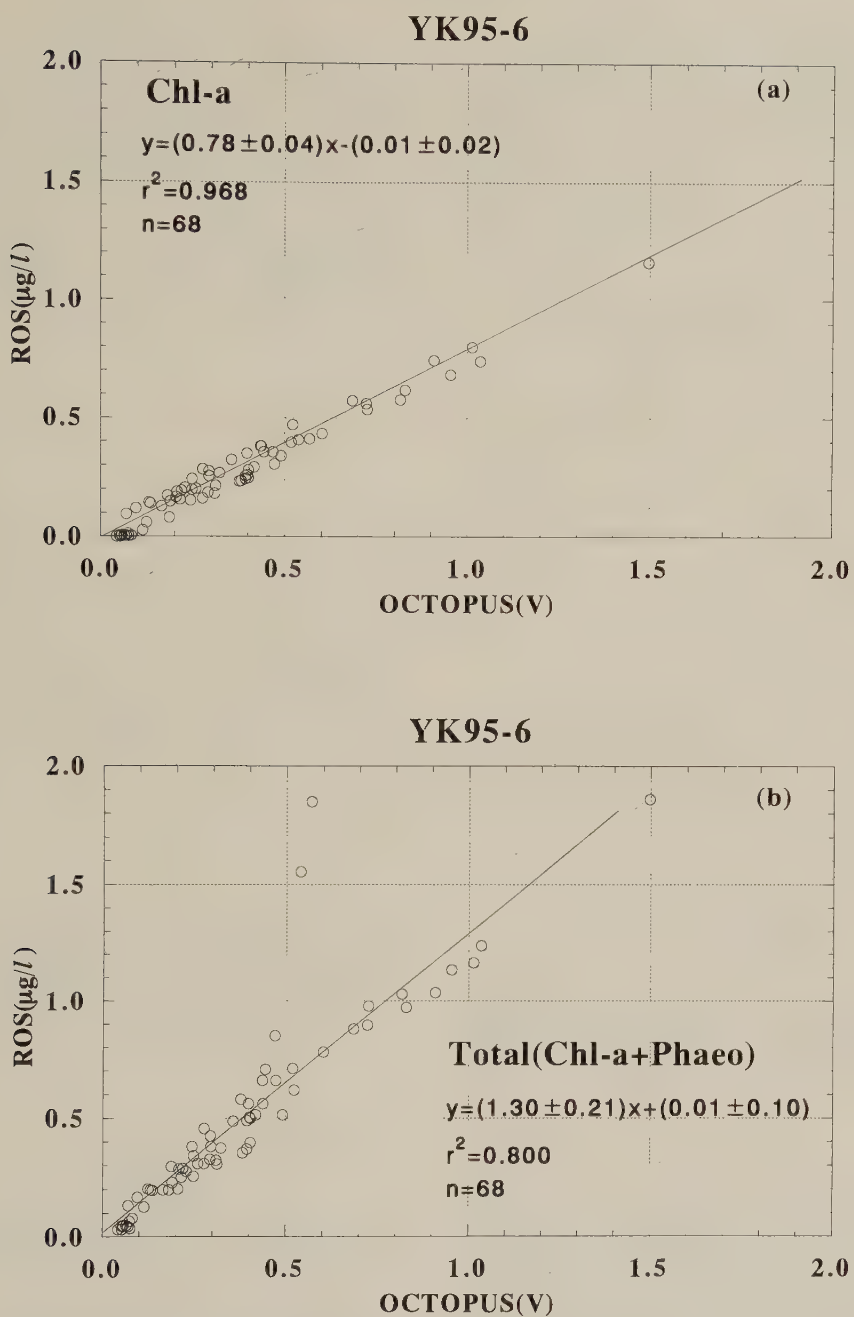


Fig. 7. Correlation of the chlorophyll–a and total values which are accepted after removing outlying data (see text) between the output signal voltage measured by *in situ* fluorometer (x) and extracted chlorophyll–a (a) and total (b) concentrations obtained by the Rosette Multi Sampler (y) collected during the YK95–6 cruise. Calibration lines are also shown with three standard deviation error bars.

データが2点認められた（Fig. 7b）．これらデータはフェオ色素濃度が1.1と1.4$\mu g/l$（どちらもクロロフィル濃度は0.4$\mu g/l$）であり，他のデータよりも3倍から50倍高かった．おそらく高フェオ色素濃度が過小評価されたことによるものと考えられる．いずれにしても，クロロフィル-aとトータル濃度については0-2 $\mu g/l$で良い直線関係が得られた．この時，較正式は，

$$[\mathrm{Chl\text{-}a}] = (0.78 \pm 0.04)\,[\mathrm{Octopus}]_v - (0.01 \pm 0.02)\ (\mu g/l)$$

$$[\mathrm{Total}] = (1.30 \pm 0.21)\,[\mathrm{Octopus}]_v + (0.01 \pm 0.10)\,(\mu g/l)$$

と決定される（±は3σ）．ここで，[Chl-a]と[Total]はそれぞれクロロフィル-a濃度，トータル（クロロフィル-a＋フェオ色素）濃度，$[\mathrm{Octopus}]_v$はセンサーの信号（電圧値）である．一般に，春季東シナ海・黄海で観測されるクロロフィル-a濃度は長江河口付近で10$\mu g/l$以上に達する（小笹，1984）．このような海域を除けば，求めた較正式は満足すべきものと考えられる．

要　約

本報で検討した塩分とクロロフィル色素についての較正結果はそれぞれ，

$$S = [\mathrm{Octopus}] - \Delta S\,(\mathrm{psu})$$

$$[\mathrm{Chl\text{-}a}] = a[\mathrm{Octopus}]_v - b\,(\mu g/l)$$

と表せる．ここで，ΔSは塩分値の残差平均値，aとbは換算係数である．これら較正式は，同装置あるいは同様なセンサーによる通常の海洋観測の場合にも有効と考えられる．そのうち，ΔS，aとbは毎回の観測で異なることが十分予想されるため観測毎に決定する必要がある．しかし，用いるデータセットは上記関係を求めうる最小数で良いだろう．ただし，塩分は表面・塩分躍層付近で大きくずれている可能性があるので，データセットからは除いて較正式を求める．そして，この式から表面・塩分躍層付近の塩分を求めると良い．

謝　辞

本研究は西海区水産研究所において行われたものであり，所長以下職員の方々のご援助に感謝いたします．本研究を進めるにあたり，オクトパス観測に関して終始多大なご協力とご助言ををいただいた西海区水産研究所調査船「陽光丸」髙柳進船長ほか乗組員の方々に感謝の意を表します．本稿をまとめるにあたり貴重なご意見をいただいた西海区水産研究所木谷浩三海洋環境部長，また，英文の校閲をしていただいたChris Norman 博士にあわせて感謝いたします．

文　献

Broenkow, W. W., A. J. Lewitus, M. A. Yarbrough and R. T. Krenz 1983: Particle fluorescence and bioluminescence distributions in the eastern tropical Pacific. Nature, 302, 329-331.

Herman, A. W. and K. L. Denman 1977: Rapid underway profiling of chlorophyll with an *in situ* fluorometer mounted on a 'Batfish' vehicle. Deep-Sea Res., 24, 385-397.

Ishimaru, T., H. Otobe, T. Saino, H. Hasumoto and T. Nakai 1984: OCTOPUS, an Octo Parameter Underwater Sencer, for use in biological Oceanography Studies. J. Oceanogr. Soc. Japan., 40, 207-212.

小笹悦二　1984：東シナ海におけるクロロフィル分布―II．LANDSAT 3 で観測した1982年5月の水平分布特性．西水研研報，(61)，223-233.

近藤正人　1985：東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究―I．50m深及び底層における平均水温・塩

分の分布．西水研研報，(62)，19–66.
Millard, R. C. and K. Yang 1993: CTD calibration and processing methods used at Woods Hole Oeanographic Institution. Woods Hole Oceanographic Institution Technical Report No. 93–44, 15–17.
中井俊介　1990：水温・塩分．「沿岸環境調査マニュアル」〔水質・微生物編〕(日本海洋学会編)，48–54，恒星社厚生閣，東京.
西條八束　1975：クロロフィルの測定法．日本陸水学会誌，3，103–109.
柳　哲雄　1993：海洋観測データの処理法，15–19，恒星社厚生閣，東京.

1993年春季の東シナ海陸棚域における濁度の分布と時間変動

岡村　和麿*・井関　和夫*・清本　容子*

Distribution and Temporal Variation of Turbidity on the Continental Shelf in the East China Sea in Spring 1993

Kazumaro Okamura*, Kazuo Iseki* and Yoko Kiyomoto*

ABSTRACT

Vertical distribution of water temperature, salinity and turbidity was investigated from the inner shelf to the shelf edge zone along the PN line in the East China Sea in May 1993. Time-series observations of vertical profiles of water temperature, salinity and turbidity and time-series recording of current and turbidity using a mooring system were also conducted on the inner shelf, the central shelf and the shelf edge. Turbidity was significantly higher at the inner shelf and decreased towards the shelf edge zone. Bottom turbid layer was observed over the shelf and the distribution pattern correlated well with the hydrographic structure (i.e., a mixing layer under strong pycnocline and/or near bottom). Although the low salinity water, the strong current near bottom and the sea bottom topography were regarded as factors generating the turbid layer, there was no strong correlation between the salinity of water and the turbidity. On the other hand, it is considered that the strong tidal curret near the bottom and the effect of the sea bottom topography play important role of generating the turbid layer.

は　じ　め　に

東シナ海は，広大な大陸棚を有し，黄河・長江の2大河川によって供給される多量の栄養塩，浮遊堆積物等のため生物生産性，懸濁物濃度が高く，隣接外洋域への影響も無視できないと考えられる．しかし，東シナ海に流入したこれらの陸起源物質の同海域及び外洋域における挙動については不明な点が多い．

今までの観測により，陸棚上において海底高濁度層の顕著な発達が確認されている（Tanaka, 1987；田中，1992；Hoshika *et al.*, 1994）．東シナ海には年間を通じ，最も安定した流動である振幅周期の大きな潮流があり，同海域の物質輸送に大きな影響を及ぼしていると考えられ，海底高濁度層の生成にも潮流が大き

平成8年8月7日受理（Received August 7, 1996）
西海区水産研究所業績第533号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 533）
*西海区水産研究所　〒850　長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850 Japan）

く関与していることが推察されている（Matsuike *et al.*, 1983；柳，1994）．陸棚における物質の輸送過程を解明する上で，同海域における流動や海底高濁度層の分布，季節変動，生成機構等を明らかにすることが重要である．

そこで本研究では，春季において東シナ海の長江沖から陸棚縁辺部に至る測線上で水温，塩分及び濁度の分布を調べるとともに，陸棚上の代表的な3点（内部陸棚域，陸棚中央，陸棚縁）において時系列観測を行い，これらの鉛直分布の時間変動を調べた．また，係留系を用いて濁度と流動の時間変動も合わせて測定した．

方　　法

1993年5月10～21日に，西海区水産研究所の調査船「陽光丸」により，東シナ海中央部のPN線（Fig. 1）及びその延長線上の測点においてCTD（Neil Brown MARK 3）より塩分と水温の鉛直分布を測定した．また200m以浅の測点では，濁度センサー付きのCTD（アレック電子　AST-1000M, 以下TCTDと表記）により濁度の鉛直分布を測定した．さらに，測点PN4′-1，PN8，及びPN12′では，およそ3時間（一部2～13時間）毎にTCTDによる連続観測を実施すると共に，セディメントトラップ，濁度計（海底から8mに設置），流速計（海底から9mに設置）を装着した係留系を1～2日設置し，濁度と流速の時系列データを収集した（Table 1）．尚，TCTDに装着された濁度計は赤外後方散乱方式であり，カオリンにより検定されている．

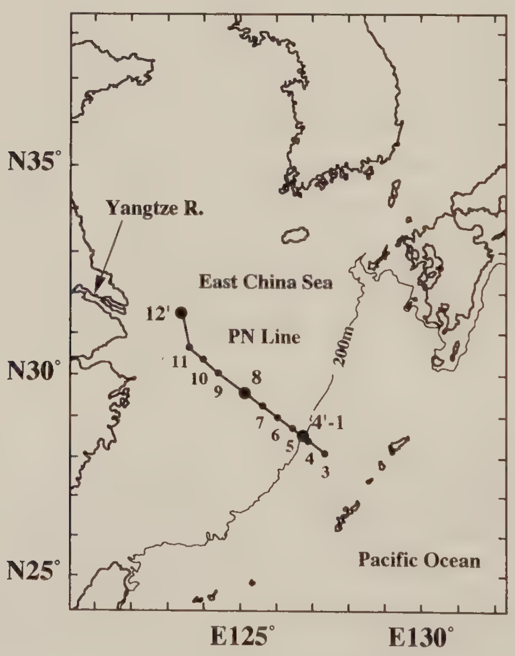


Fig. 1. Location of the CTD and TCTD observations on the PN line. Large circle indicates the stations at which the time-series observations were conducted.

Table 1. Summary of time–series TCTD observation and mooring experiment at PN 12′, PN8 and PN4′–1.

Station	Time–series TCTD observation		Number of observations	Mooring experiment		Duration
	from	to		from	to	days
PN12′ 31°22′ N 123°33′ E	5/12 4:12	5/13 9:14	9	5/12 8:30	5/13 8:20	0.99
PN 8 29°36′ N 125°06′ E	5/14 14:58	5/15 12:59	3	5/14 17:40	5/15 17:30	0.99
PN4′–1 28°29′ N 126°45′ E	5/17 3:00	5/18 12:00	10	5/17 8:15	5/19 7:20	1.96

結 果 と 考 察

1) PN 線における水温・塩分・濁度の鉛直分布

1993年5月における水温，塩分の鉛直断面分布を Fig. 2 に示す．海盆内の測点 PN 3 から外部陸棚域の測点 PN6 の表層には20℃以上の高水温が見られ，特に PN3 の表層30 m 以浅は25℃以上の高水温で覆われていた．この海域における等温線は沖に向かって深くなっているが，等温線と等密度線の形状が類似しているため，この付近に黒潮が流れていることを示していると考えられる．また，同海域表層の塩分は34.7以上の高塩分（特に PN 3 の表層30m以浅は塩分34.8以上）であり，このことからも黒潮の存在が示唆される．

測点 PN6，7 付近には沖合の黒潮水系と大陸寄りの大陸沿岸水系との間に顕著な水温・塩分フロントが存在していた．これより以西の測点 PN8 から11にかけては，水深20 m 付近に水温・塩分躍層の顕著な発達がみられ，躍層直下から海底にかけては均一な海水で占められ，海底混合層が形成されていた．また，水温は測点 PN12′ に向かって徐々に低下し，PN12′ で13.6～15.0℃にであった．測点 PN9～11 の表層20 m 以浅には，塩分32.0以下の低塩分水（特に PN10，11 の15m 以浅は塩分30.5以下）が存在していることから，この付近が長江河川水のフロント域と考えられた．

TCTD で得られた長江沖から陸棚縁にかけての各測点における濁度の鉛直分布を Fig. 3 に示した．

陸棚縁から長江沖に向かうに従い，濁度は全体とし

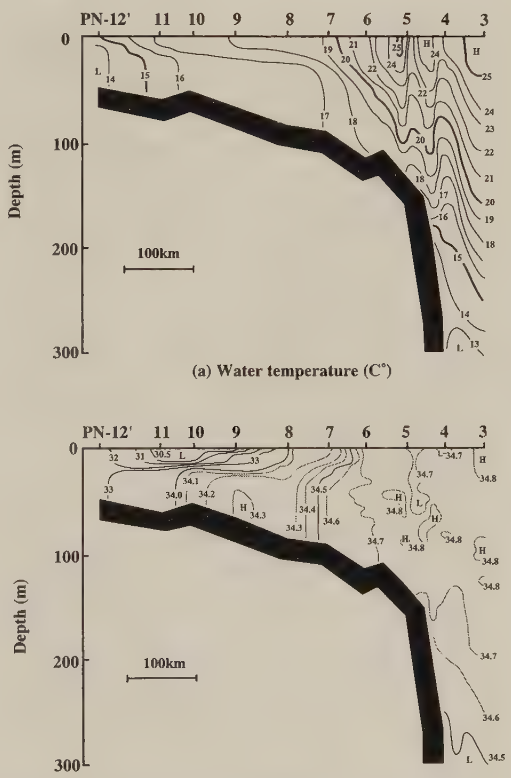


Fig. 2. Vertical sections along PN line in May 1993 ; (a) water temperature (℃) and (b) salinity.

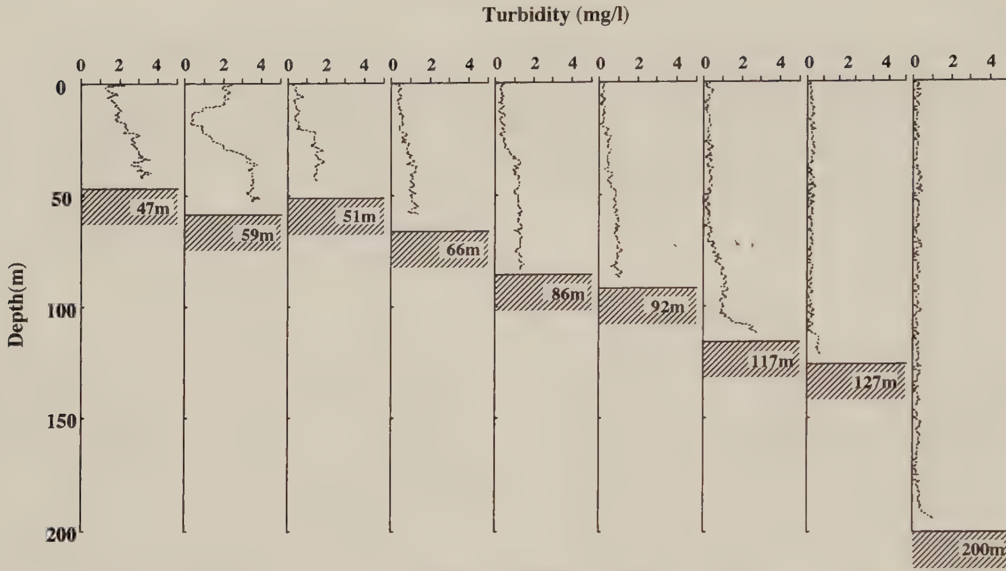


Fig. 3. Vertical distribution of turbidity along PN line in May 1993.

て徐々に高くなる傾向を示し，全測点の密度躍層下または底層に高濁度層がみられた．陸棚縁の測点 PN4′−1 と PN5 では，1 mg/l 以上の高濁度は海底上10～15 m以内でのみ得られ，これ以浅の全水柱では，濁度は一定の低い値であった．また，海底高濁度層の直上には水温躍層の発達が認められた（PN4′−1 の175，190 m 付近，PN5 の110m 付近）．

陸棚上の測点 PN 6 ～12′ においては，前述したように表層20～40 m付近に躍層が発達し，この層直下より海底まで水温・塩分は鉛直的にほぼ均一で海底混合層を形成していたが，高濁度層はこれらの海底混合層とよく一致した分布パターンを示し，陸棚上に広域に渡って存在していた．

測点 PN11 では表層15 m以浅にも 2 mg/l に達する高濁度層が見られた．前述した様に，PN11 の表層15 m以浅の塩分は30.5以下と低く，また，クロロフィル，POC 濃度は各々 6 ～10μg/l，300～500μg/l と際立って高かった（Iseki *et al.*, 1994）．従って PN11 の表層に発達した高濁度層は，長江起源の浮遊堆積物に加えて，長江フロント域において増殖した植物プランクトンの影響もあったものと推察される．

測点 PN6 と PN11 において，海底高濁度層の著しい発達が認められるが，両測点ともに海底地形が凹地または海谷となっているため，海底付近に粒子が集積しているものと考えられる．

2) TCTD による水温・塩分・濁度の鉛直分布の時間変動

内部陸棚域の測点 PN12′ における水温・塩分・濁度の鉛直分布の経時変化を Fig. 4 に示した．観測初期（5 月12日04時12分）には，水温・塩分躍層は表層付近（2 ～ 5 m）に存在し，その発達は弱かった．このため海底から表面近くに至る海水混合が見られ，濁度も全水柱に渡って高かった．しかし，2 回目以降は躍層の発達が顕著で 5 ～10 m と深くなり，更に 3 回目ではより深く10～20 m層に発達していた．また，観測初期の表層水温は13.7～14.7℃，塩分は32.6～32.8であったが，2 回目以降からは，水温は14.3～15.9℃と上昇し，塩分は32.2～32.6と低下した．躍層下の水温も 1 回目の観測が最も低く13.6～13.7℃であったが，2 回目には14.0～14.5℃と顕著な増加を示した．とりわけ 5 月12日18時58分と 5 月13日09時14分の観測では，水温は各々14.7～14.9℃，14.7～15.0℃と高く，また塩分も他の観測と較べて0.1～0.2程度高かった．観測終了時（5 月13日09時14分）の表層 5 m以浅には，水温17.2℃，塩分30.1の高水温・低塩分水が見られ，これに対応して表層の濁度も 2 mg/l 近くまで増大していた．これは明らかに浮遊堆積物を多く含んだ長江

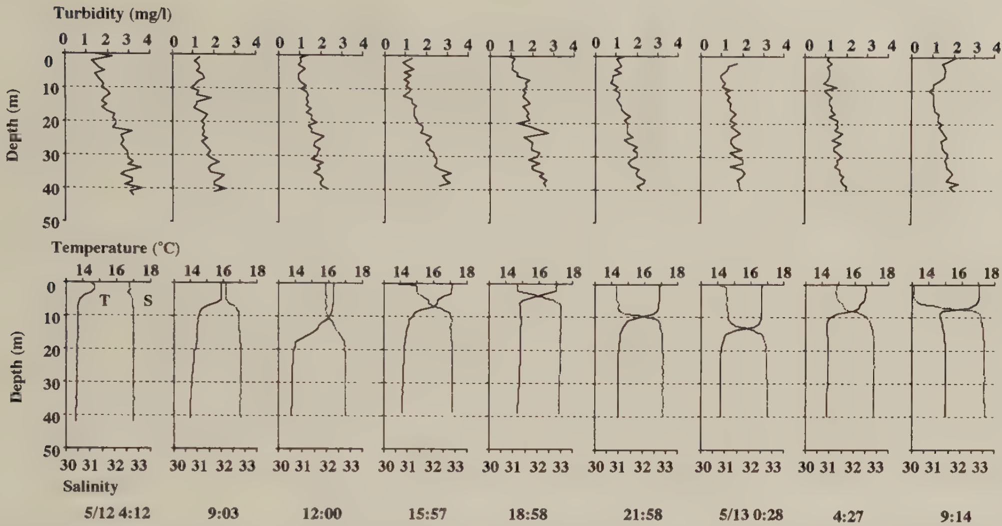


Fig. 4. Time-series observation of water temperature, salinity and turbidity at PN12′.

河川水の影響と考えられる．低塩分水塊は一般に河川水の影響を多く受け，表層において懸濁粒子を多く含むと考えられるが，本観測中，塩分31～33の範囲では濁度の変動が小さく，塩分と濁度の間には有意な相関が認められなかった．これは，測点 PN12′ 周辺には東シナ海陸棚水，黄海沿岸水及び長江河川起源水の 3 つの主要水塊が存在するため，水塊間の混合，水塊の移動・拡散等により水温，塩分，濁度等の変化が複雑になっているためと考えられる（Matsuike *et al.*, 1983）．また，躍層は水深 5～20 m の間で12時間の周期で上下動しているのが観測され，5 月12日12時00分及び 5 月13日00時28分の両観測で躍層は水深10～18 m と最も深く，逆に 5 月12日04時12分及び18時58分の観測では2.5～5 m と最も浅くなっていた．

陸棚中央の PN8 では，全 3 回の観測を通して，水温・塩分・濁度の鉛直分布パターンに大きな変化は見られなかった．表層20 m 以浅は水温約18.3℃，塩分34.0の均一な海水が存在し，一方躍層下の30 m 以深には水温約16.0℃，塩分34.3の均一な水塊が分布していた（Fig. 5）．濁度はこれらの水温・塩分の分布パターンに良く対応し，表層付近では0.5mg/l 程度と低く，躍層付近から急激に増加して，水深40mの躍層下から海底まで1.0～1.5mg/lのほぼ一定値を示した．

陸棚縁の測点 PN4′-1 では，PN8 同様に観測期間中において水温・塩分・濁度の鉛直分布は大きく変化していない（Fig. 6）．濁度は全体に低く，海底上10～15 m 内の海底高濁度層においてのみ1.0～1.5mg/l と相対的に高濃度であった．この海底高濁度層は160～190

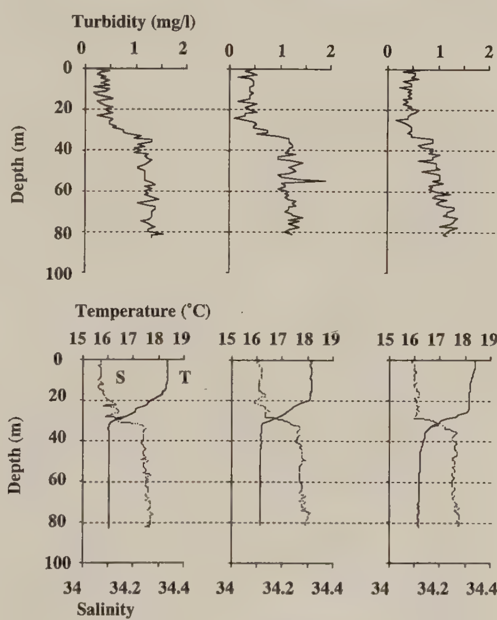


Fig. 5. Time-series observation of water temperature, salinity and turbidity at PN 8.

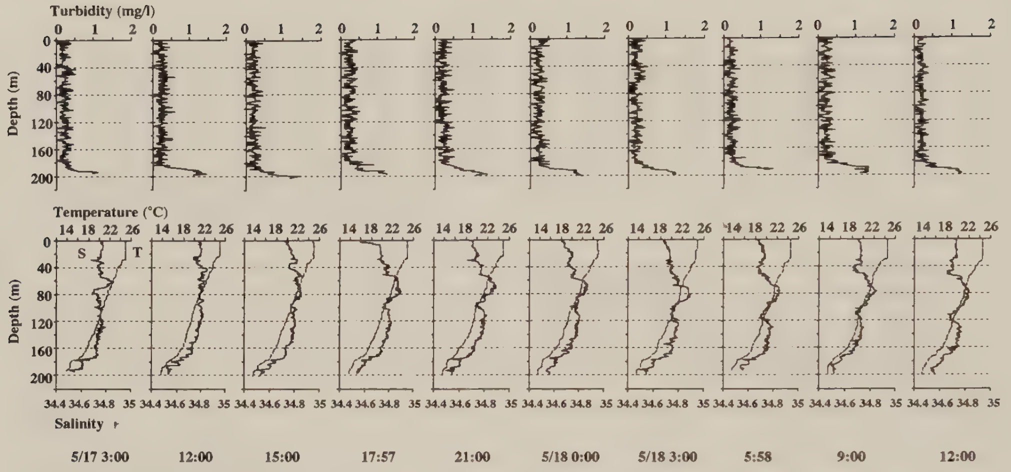


Fig. 6. Time-series observation of water temperature, salinity and turbidity at PN4′-1.

mの水温躍層直下から海底までの混合層内に常時発達していた.

3) 係留系による濁度・流速の連続観測

内部陸棚域の測点PN12′における約1日間の係留観測の結果を Fig. 7 に示す. 海底上8mに設置した濁度計の観測値は, 1.0～2.5mg/l の範囲で変動を示した. この間, 海底上9mの流速は, 北方流速で 45～－30cm/s, 東方流速で35～－46cm/s の間であり, ほぼ12時間周期の変動が見られた (Fig. 7b). 係留系の流速データと TCTD の水温・塩分データとを比較すると北方流速が 0 cm/s に近くなる時刻と躍層が最も深くなる時刻はほぼ一致することから, 躍層の上下動は潮汐の周期に同調していることが示唆された.

5月12日15時00分頃, 北方流速が約45cm/s の最大値を示すが, 濁度も同時に1.95mg/l の最大値を示した. また, 13日03時00分頃に再び北方流速がおよそ 40 cm/s の極大値を示したとき濁度は全般的に低かったものの, 僅かながら濁度の上昇がみられた. 5月12日19時00分頃, 東方流速が 35cm/s と極大値を示すが, 濁度も同時に1.8mg/l の極大値を示した. また, 13日07時00分頃に再び東方流速が約 35cm/s の極大値を示すが, それに伴いそれまで低かった濁度に上昇がみられた.

陸棚中央の測点 PN8 における約1日間の係留観測の結果を Fig. 8 に示す. 濁度計の観測値は0.8～1.8 mg/l の範囲で変動を示した. 北方流速は20～－10cm/s, 東方流速は28～－20cm/s の範囲で約12時間周期の変動がみられた (Fig. 8b).

5月14日22時00分頃, 濁度が1.15mg/l の最大値を示すが, 北方流速は極小値 (南向きの極大値) －10cm/s を示した. また, 15日11時00分頃にも濁度の上昇がみられ, 北方流速の極小値と一致していた. その他, 北方流速が極大値 (約20cm/s) を示したときにも僅かではあるが濁度の上昇が認められた.

陸棚縁の測点 PN4′-1 における約2日間の係留観測の結果を Fig. 9 に示す. 濁度計の観測値は0.5～1.0 mg/l の値で変動を示した. 北方流速は 5～－13cm/s, 東方流速は 3～－17cm/s の範囲で途中不規則になりながらもおよそ12時間周期の変動がみられ潮汐の影響が認められた (Fig. 9b) が, その影響は内部陸棚域や陸棚中央と比べて弱く, 観測期間を通じてほぼ南西方向の流れが卓越していた. そのなかで北方流速と濁度の間には負の相関がみられ, 特に北方流速が極大値をとるとき濁度は極小値を示した. このとき全体的な流れも南西方向から北北西～北西方向に変わっていることから, 性質の異なる海水の侵入などにより濁度が低下した可能性が示唆される.

以上からいずれの測点においても流速と濁度の値の間にはその絶対値において明確な相関は見られなかった. しかし内部陸棚域では北方・東方それぞれの流速が極大値に達したとき, 陸棚中央では北方流速が極大・極小値に達したとき, 陸棚縁では北方流速が極小値に達したときにそれぞれ濁度の上昇がみられた.

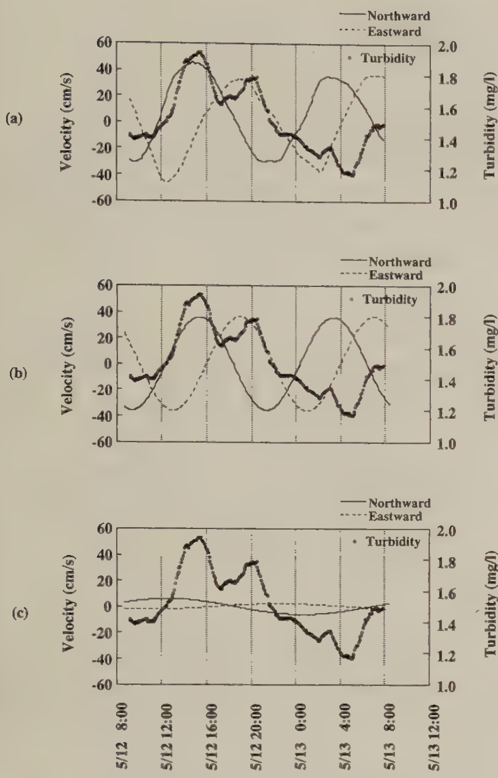


Fig. 7. Time–series record of current and turbidity at PN12′ ; (a) observed current and turbidty, (b) semi–diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity and (c) diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity.

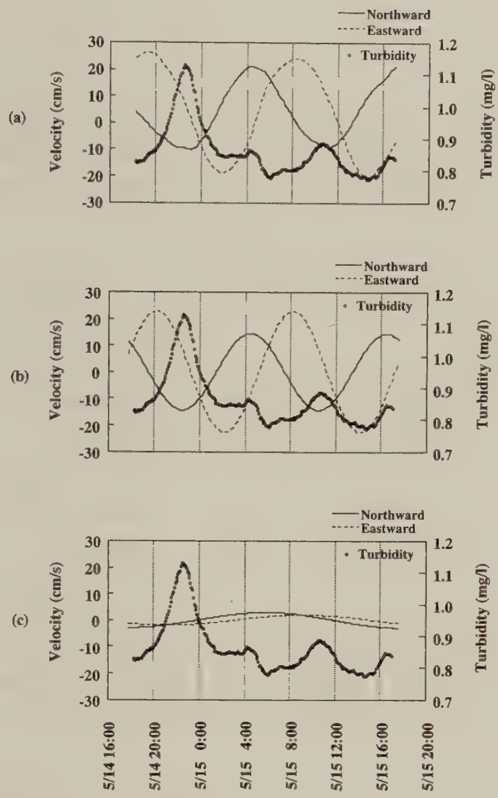


Fig. 8. Time–series record of current and turbidity at PN8 ; (a) observed currrent and turbidty, (b) semi–diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity and (c) diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity.

Matsuike *et al.* (1983) は，測点PN12′よりも長江に近い測点において（PN12′より南西へ約50マイル），50㎝/s以上の強い潮流により海底表層泥が再懸濁すると報告していることからも，強い潮流が濁度の発生や輸送に何らかの影響を与えていることが推察された．また，流速はその大きさだけでなく，その持続時間，底質，高濁度水の水平輸送等によっても影響をうけることも考えられるが，それらの影響を解明するにはより長期間の，そしてより広範囲の観測が必要であろう．更に係留期間中における係留系の傾き自体による観測水深の上下動の影響もある程度考慮すると（岡村・井関，1994），今後，水深計の併用，海底設置型の観測システムの使用も必要である．何れにしても，東シナ海において年間を通じて最も安定して存在する流動は潮汐であり，その攪拌作用により表層泥の再懸濁及び分散（水平輸送）をとおして海底高濁度層の生成・維持機構及び粒子の輸送機構に深く関与しているものと思われる．しかし潮流は基本的に往復流であるため全体としては輸送には寄与しない．このことを考慮すると混合層内の懸濁粒子は往復流である潮流によって輸送されるよりも，平均的な流れによって混合層内を輸送されると推測される．それぞれの観測点の平均流は，PN12′でほぼ北方向に5.78㎝/s，PN8で北東方向に5.10㎝/s，そしてPN4′–1では南西方向に10.48㎝/sであったが，観測期間が1～2日間と短かったためにそれぞれの海域の正確な平均流を捉えた

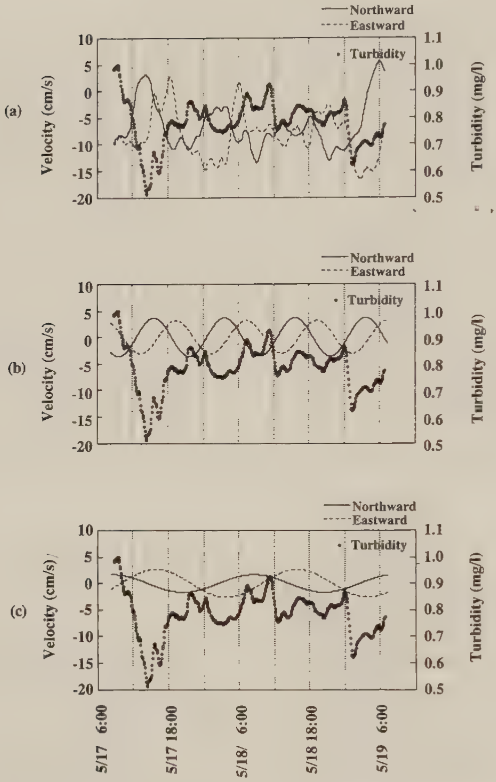


Fig. 9. Time–series record of current and turbidity at PN4′-1 ; (a) observed current and turbidity, (b) semi–diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity and (c) diurnal tidal current calculated by harmonic analysis of tidal current and turbidity.

とは言い難い．特に陸棚縁では黒潮との相互作用から複雑な流れを生じていることが考えられることから，正確な流動を捉えるためには，今後長期に渡る流速観測が必要であろう．また，陸棚縁の海底付近においては，内部潮汐流による粒子の擾乱及び輸送機構も存在し，外洋への物質輸送に大きな役割を果たしていると考えられていることから（前田・山崎，1985；松野ら，1992；柳，1996），それらの影響についても考慮する必要がある．

東シナ海においては，冬季混合層の発達による海底からの再懸濁と冬季モンスーンによる沖向きの底層流の形成により，冬季に陸棚から沖縄舟状海盆への物質輸送が大きくなると考えられている（Iseki *et al*., 1994）．冬季に生じた混合層は，春季，夏季においてもその厚さは季節を追って薄くなるものの，海底混合層として残存する可能性が指摘されている（深瀬，1975）．今回観測された海底混合層も，冬季の鉛直混合により作られた均一な海水が春季においても潮流等の攪拌作用によって残存していたものと考えられ，これらの海底混合層は冬季以外の季節においても，内部陸棚域から外洋域への物質輸送において重要な役割を果たしていることが推察される．

要　　約

1993年5月に長江沖からPN線に沿って陸棚縁辺部までの濁度分布を調べると共に，内部陸棚，陸棚中央，陸棚縁において濁度の連続観測を行い，濁度分布パターンと海洋構造との関連，海底高濁度層の成因及び物質輸送について考察した．要約は以下の通りである．

(1) 濁度は全体として陸棚縁から内部陸棚域に向かうにつれて増加し，海底付近には海底高濁度層が観測された．海底高濁度層は，躍層下に発達した混合層の分布と良く一致していた．

(2) 内部陸棚域の表層には，長江起源と思われる低塩分水の影響がみられ，高濁度が形成されていた．これは河川堆積物及びフロント域において生産された生物起源粒子の影響と考えられた．しかし，表層における濁度と塩分との間には必ずしも相関はみられず，その他の要因の関与が推察された．

(3) PN11及びPN6の海底付近に高濁度層の発達が顕著であったが，これは海底地形（凹地，海底谷）による影響と考えられた．

(4) 内部陸棚域，陸棚中央における流れには半日周期の流れの影響が強く，一方陸棚縁においては弱かった．また，底層における流速と濁度との間には明確な相関はみられなかったが，流速と濁度の生成との間には関連がみられた．

謝　　辞

本研究を進めるにあたり，観測データの収得に係わる協力と有益な助言を賜った中国工業技術研究所の星加章室長，谷本照巳氏に，また観測にご協力頂いた西海区水産研究所調査船「陽光丸」の船長を始めとする乗組員の方々及び西海区水産研究所石垣支所の阿部和雄室長に深甚なる謝意を表する次第です．

引　用　文　献

深瀬　茂　1975：東シナ海陸棚上の底層水．海洋科学，7(1)，19–26.

Hoshika A, T. Tanimoto, Y. Mishima, K. Iseki and K. Okamura　1994：Bottom turbid layer in the East China Sea. Proceedings of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 171–176.

Iseki K., K. Okamura and Y. Tsuchiya　1994：Seasonal Variability in Particle Distributions and Fluxes in the East China Sea. Proceedings of the 1994 Sapporo IGBP Symposium, 189–197.

Matsuike K., K. Okuda and K. Uehara 1983：Turbidity distributions near oceanic front in the coastal region of the East China Sea. La mer, 21, 133–144.

岡村和麿・井関和夫　1994：係留期間中におけるセディメントトラップ係留システムの挙動について．西水研研報，(72)，47–56.

Tanaka K., S. Uno, W. Sakamoto and A. Shirota 1987：Turbid water area in the East China Sea. Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab., (64), 13–23.

Tanaka K. 1992：Turbidity distribution in the East China Sea and the Yellow Sea in Autumn (1986)：Bull. Nansei. Natl. Fish. Res. Inst., (25), 1–9.

松野　健・兼原壽生・岡崎守良　1993：東シナ海陸棚端付近における内部潮汐の観測．海と空，69(1)，1–14.

前田明夫・山城　徹　1985：東シナ海大陸棚斜面のM2分潮への影響．沿岸研究ノート，23(1)，1–5.

柳　哲雄　1994：黄海・東シナ海の物質輸送．沿岸研究ノート，31(2)，239–256.

柳　哲雄　1996：陸棚縁の物質交換に関わる物理素過程．海の研究，5(1)，25–34.

西水研研報　第74号　平成8年10月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 74 October 1996

響灘における低塩水流入に伴う漁海況変動

加藤　修*・林　小八**

Changes of hydrographic and fishing conditions correlated with intrusion of low-salinity water in the Hibiki-Nada

Osamu Katoh* and Kohachi Hayashi**

ABSTRACT

In order to clarify changes of hydrographic and fishing conditions correlated with intrusion of low-salinity water in the Hibiki-Nada, measurements of salinity and temperature were carried out near the coast of Shimonoseki in Yamaguchi Prefecture between 1985–1988, in addition to collecting fishing information about the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* by boats with stick-held-net. Intrusion of low-salinity (< 33) water was observed in July 1985–1987. The low-salinity water was thought to intrude near the coast of Shimonoseki through the Tsushima Strait from the East China Sea. Salinity decreased suddenly in a short period of about ten days. The decrease of salinity in 1985 and 1986 was probably attributed to the Ekman transport due to the blowing of southwesterly winds. After the intrusion of low-salinity water occurred, the sardine catch suddenly increased, while the anchovy one decreased. Not only hydrographic condition but also the fishing condition changed largely through the intrusion of low-salinity water.

平成8年8月7日受理（Received August 7, 1996）
西海区水産研究所業績第534号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 534）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
** 中央水産研究所　〒236 横浜市金沢区福浦2丁目12番地4（National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama 236, Japan）

緒　　　　言

夏季において，対馬海峡から日本海に低塩水が流入することはよく知られている．この低塩水流入現象については，これまで月間隔で実施されている定線観測に基づいて解析が行われており，対馬海峡周辺における低塩水の出現期間や分布状況に関しては，かなり明らかにされている（小川，1983；俵ら，1984；高橋，1987）．ただし，日間隔以下の短い時間間隔での塩分観測は，水温観測とは異なり，実施されることが非常に少ない．このため，低塩化が進行する様相や低塩水流入に伴う水温変動を月間隔よりも細かい時間スケールで解析した例はほとんどない．

一方，低塩水の流入を契機に対馬海峡周辺の海況は，それ以前の状態とは全く異なったものになる．このような海況変動は漁況にも当然大きな影響を及ぼすと考えられる．しかし，低塩水流入に伴う漁況変動については，イカ類の漁場形成に関する報告（小川ら，1986；高橋・古田，1988）があるだけであり，この問題に関する知見は少ない．

著者らは，響灘における低塩水流入に伴う漁海況変動を明らかにするため，1985～1988年に山口県下関市沿岸において塩分，水温観測を実施するとともに，当水域でイワシ類を対象として操業する棒受網漁船の漁獲情報を収集した．その結果，1985～1987年の3カ年に下関市沿岸への塩分33以下の低塩水流入が明瞭に観測された．本報告では，1985～1987年の資料を用いて，沿岸域における低塩化の進行状況を明らかにするとともに，観測された低塩水の起源を検討した．次に，棒受網漁船で漁獲されるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* およびマイワシ *Sardinops melanostictus* の日別漁獲量変動を調べ，これらの変動と低塩水流入との関係を考察した．

観　測　と　資　料

1.　塩分，水温観測

山口県下関市沿岸に位置する下関市フィッシングパーク（釣り専用突堤）において6～8月に北原式採水器を用いて採水を行った（Fig. 1）．採水場所の海深は約12mである．採水は同フィッシングパークが休館となる火曜日を除き毎日7：00～8：00に，1m，3m，5mおよび10mの4水深で行った．なお，本研究では，1m深および10m深の観測資料を解析した．採集した海水は，西海区水産研究所下関支所*においてサリノメータ（YEO-KAL Environmental Electronics 社，Model 601MkⅢ）を用い塩検を行った．また，下関市沿岸の定置網に自記水温計（Aanderaa 社，TR-1）を係留した．水温計を係留した定置網は採水地点から約2海里離れており，係留地点での海深は約20mである．なお，解析には，約11m深における30分毎の観測記録を用いた．

2.　低塩水の起源の解明

採水地点は関門海峡に近いこと，また陸からさほど離れていないこと等から，塩分変動を引き起こす要因として次のものが考えられる：①降雨，②河川水，③瀬戸内海系水，④沖合水（対馬海峡経由で日本海に流入する海水）．観測期間中に出現した低塩水の起源を調べるため，これら4要因の影響を次の資料を用いて調べた．

①　降雨：下関地方気象台による下関市の日別降水量記録．

②　河川水：流量から判断して，採水地点の塩分変動に影響を及ぼす可能性のある河川は，遠賀川（福岡県，Fig. 1参照）である．そこで，遠賀川流域での代表的な流量観測点（日ノ出橋）における日別流量を流量年報（日本河川協会，1987-1989）から調べた．

③　瀬戸内海系水：関門航路標識事務所による関門海峡早鞆瀬戸における毎時流速記録．ただし，流速観測地点は海峡中央部よりかなり下関市側にずれている．このため，流速計設置地点の流速から海峡中央部の流

*1995年3月31日閉所

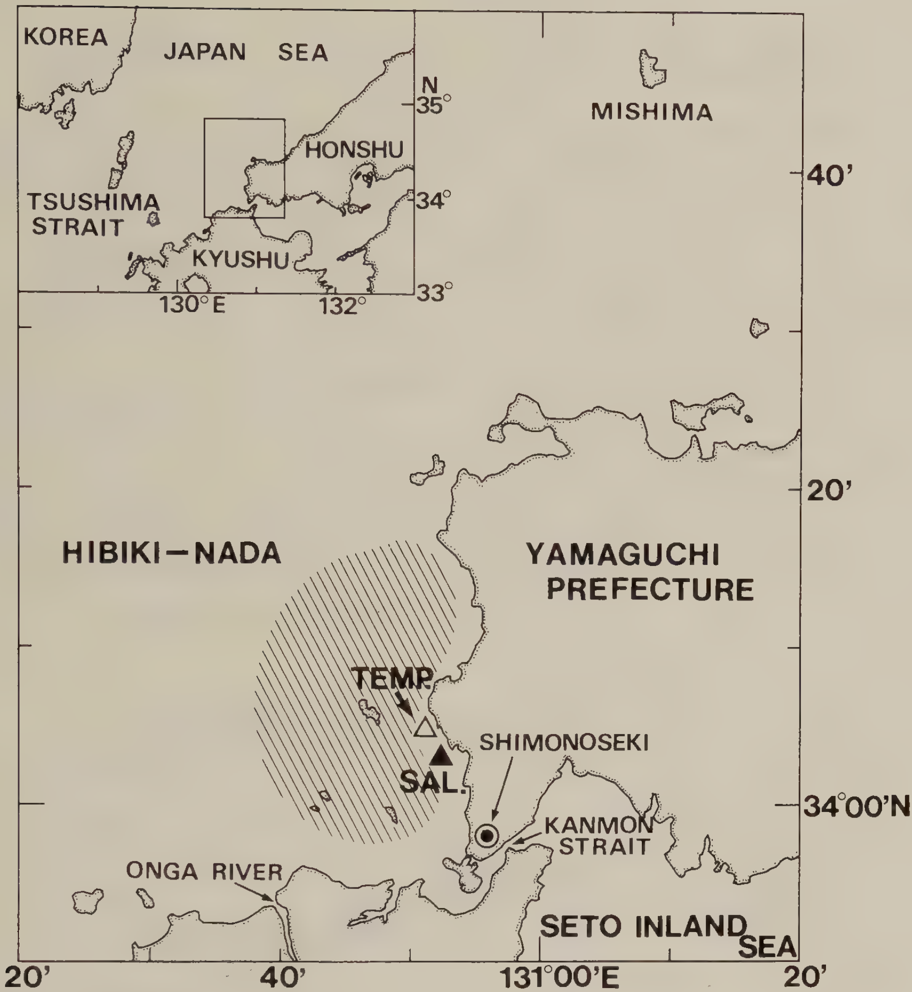


Fig. 1. Stations for salinity (solid triangle) and temperature (open one) measurements. Hached area is the fishing ground of the stick-held-net fishery in June-August.

速を推算する際に使用されている定数（東流の場合：2.3，西流の場合：1.8）* を，海峡に平行な流速成分に乗じた値を使用した．

④ 沖合水：山口県外海水産試験場，福岡県福岡水産試験場および佐賀県水産試験場の観測資料．

3. 棒受網漁船の漁獲情報の収集

下関市南風泊漁業協同組合所属の棒受網漁船（約10隻）は，6～8月イワシ類を対象として山口県西部沿岸域で操業する（Fig. 1）．この棒受網漁船の日別漁獲統計を用いて，日別出漁1隻当たり漁獲量を求め，カタクチイワシおよびマイワシの漁獲量変動を調べた．漁獲物の体長組成を把握するため，水揚げ港である下関漁港で漁獲物の採集を，毎週3日程度行った．漁獲物採集はできる限り複数の漁船から行い，1隻について200～300尾採集するように努めた．採集物は漁船毎に100尾ずつ（標本数が100未満の時は現存尾数）体長を測定した．

*関門航路標識事務所内部資料に基づく

結　　果

1. 塩分，水温変動と降水量

下関市沿岸における1m深，10m深塩分変動および降水量をFig. 2に示す．1985年には6月下旬に豪雨があり，特に23日と27日には100㎜ day^{-1}を超える雨量を記録する．このような豪雨の影響は翌日の1m深塩分には顕著に現れているものの，10m深ではほとんど影響は見られず34前後の高い値を示す．しかし，7月3日から4日にかけて両深度とも塩分は急低下しており，とりわけ10m深では34.18から32.33へと1.85低下する．その後，両深度における塩分差がほとんどなくなるとともに，塩分は徐々に上昇していく．1986年には，7月4日から16日の13日間に合計431㎜の降水量を記録する．この期間に1m深塩分は低下するが，降雨がほとんどなくなる7月16日以降上昇する．一方，10m深塩分は7月13日までは1m深塩分に比べると緩やかに低下するが，それ以降急激に低下して23日には31.06まで低下する．24日になると逆に上昇に転じ，その後1m深塩分と同様32.5～33.0の値を示す．1987年には，7月4日，14日および19日に比較的降水量が多いものの，1985，1986年に比べるとかなり少ない．1m深塩分は7月18日から20日にかけて大きく低下するが，それ以降上昇に転じる．一方，10m深塩分は7月19日以降急低下し，19日に33.63であるのが23日には31.99となる．その後上昇するとともに，1m深塩分との差がほとんどなくなり，32.5～33.0の値を示す．

下関市沿岸における11m深水温変動をFig. 3に示

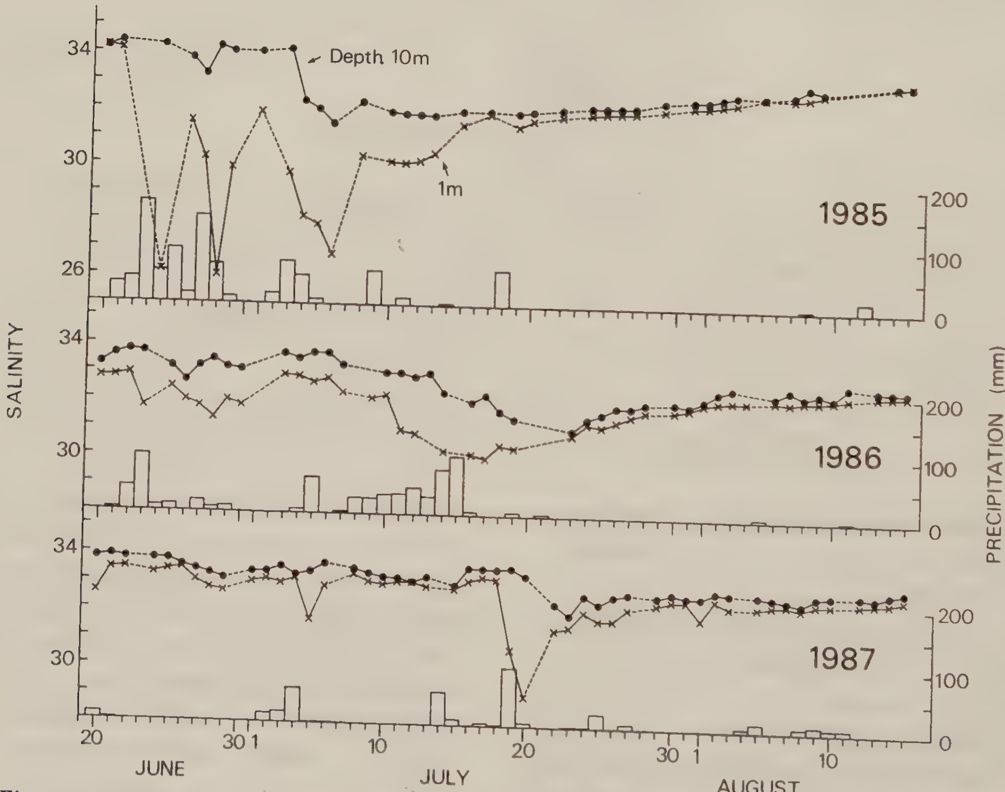


Fig. 2. Fluctuations of salinity at 1m and 10m depths (line graphs) and precipitation (histograms) at Shimonoseki. Broken lines in the line graphs indicate lack of salinity data.

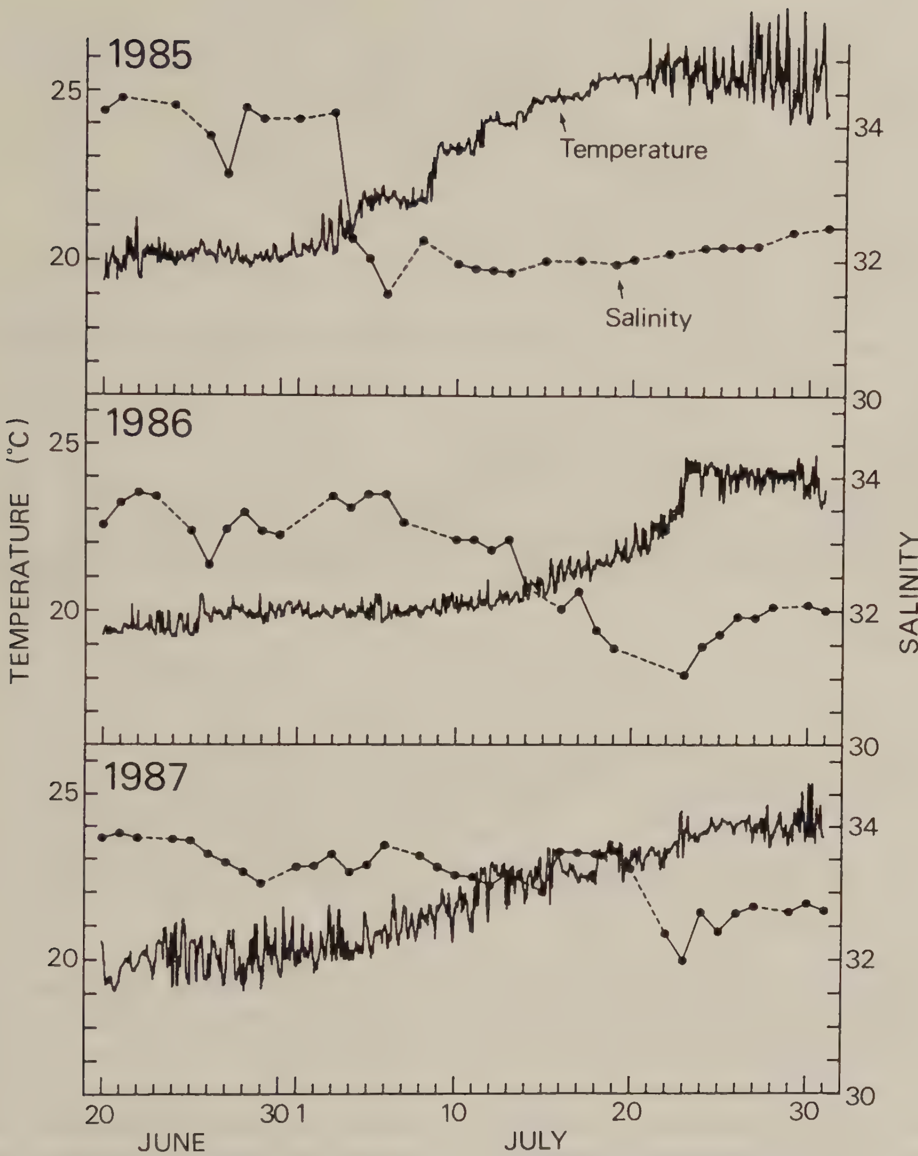


Fig. 3. Fluctuations of salinity at 10m depth and temperature at 11m depth at Shimonoseki.

す．なお，10m深塩分変動を併せて示す．1985年には6月20日から7月3日頃までは19～20℃でほとんど変動しない．しかし4日以降ステップ状に急上昇し，18日には25.5℃に達する．1986年には，6月20日以降20℃前後で安定しているが，7月13日頃から急上昇し23日には24.5℃に達する．1987年には，7月5日まで日周，半日周変動が大きいものの19～21℃で推移する．5日以降上昇傾向となり25日には24℃台になる．3カ年のうち，1985，1986年には塩分急低下と水温急上昇が同時に生じている．

2．低塩化を引き起こす可能性のある環境要因の変動

遠賀川の日別流量変動を Fig. 4 に示す．1985年に

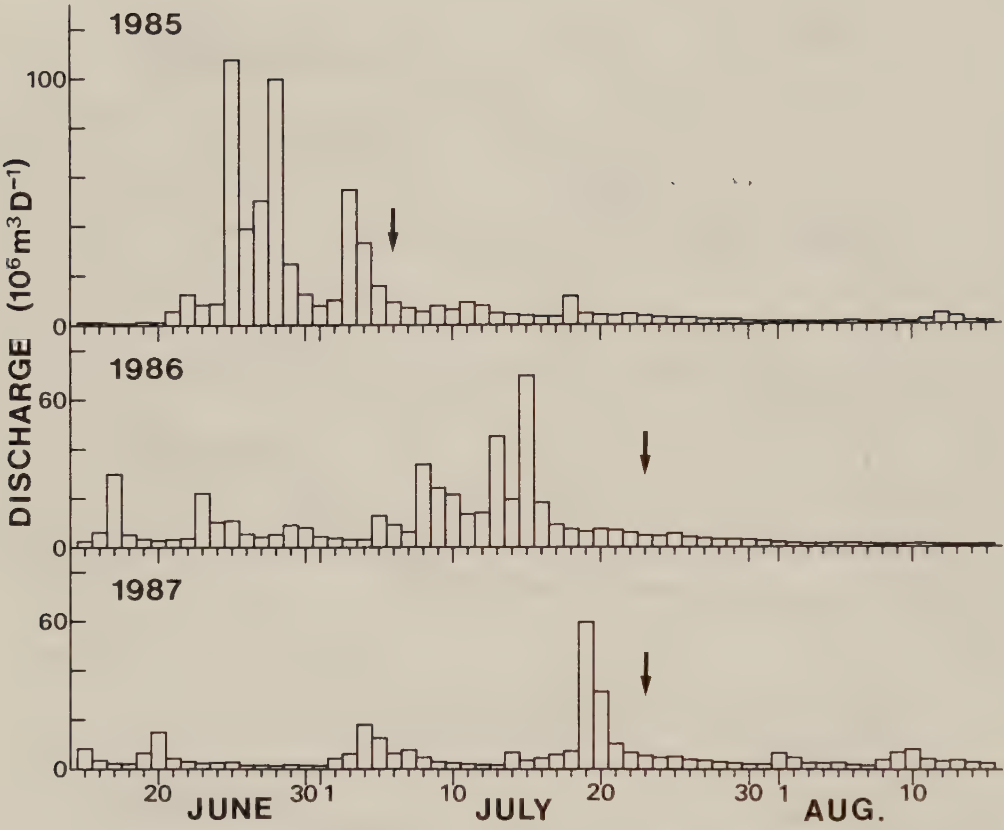


Fig. 4. Fluctuations of discharge of the Onga River at the Hinode Bridge, based on Japan River Association (1987–1989). Arrows indicate the days when the salinities at 10 m depth (Fig. 2) reach the lowest.

は，6月下旬になると流量はそれ以前に比べて著しく増大し，80×10^6m³day^{-1} を超える日も2日ある．7月に入ると3，4日に一時的に大きくなるものの5日以降は低水準で安定する．1986年には，7月8日から16日の間では 20×10^6m³day^{-1} を超えることが多く，15日には 70×10^6m³day^{-1} に達する．しかし，16日以降は低水準で安定する．1987年には，7月19，20日に一時的に流量は増大し，19日には 60×10^6m³day^{-1} になる．しかし，その後急速に減少する．

関門海峡における流速変動を Fig. 5 に示す．1985年には，全期間をとおしてほとんど東流（瀬戸内海に向かう流れ）が卓越する．特に塩分が急低下する7月3日以降東流が強くなっており，80cms^{-1} を超える場合もある．1986年には，1985年に比べると概して東流は弱く，7月上旬には西流になる場合もある．しかし，塩分が急低下する7月13日以降は東流が強くなり，40cms^{-1} 以上の流れが観測される．1987年には，7月3日以降急激に東流が強くなり，60cms^{-1} を超えることもある．7月中旬にはその流速がやや小さくなるが，塩分が急低下する7月20日以降再び東流が強くなる．

対馬海峡周辺海域における10m深塩分分布を Fig. 6 に示す．1985年には，7月の時点ですでに対馬東水道中央部に塩分33以下の低塩水が分布するが，福岡県沿岸では33以上の海水分布がみられる．8月に入ると九州沿岸水域を除けば塩分33以下の低塩水が広く分布する．1986年には，7月に韓国寄りの海域で塩分33以下の低塩水が分布するが，対馬東水道では広範囲にわたり34以上の高塩水が分布する．しかし8月になると九州沿岸水域を除けば33以下となり，対馬南方では32以下の海水も分布する．1987年には，7月に対馬西

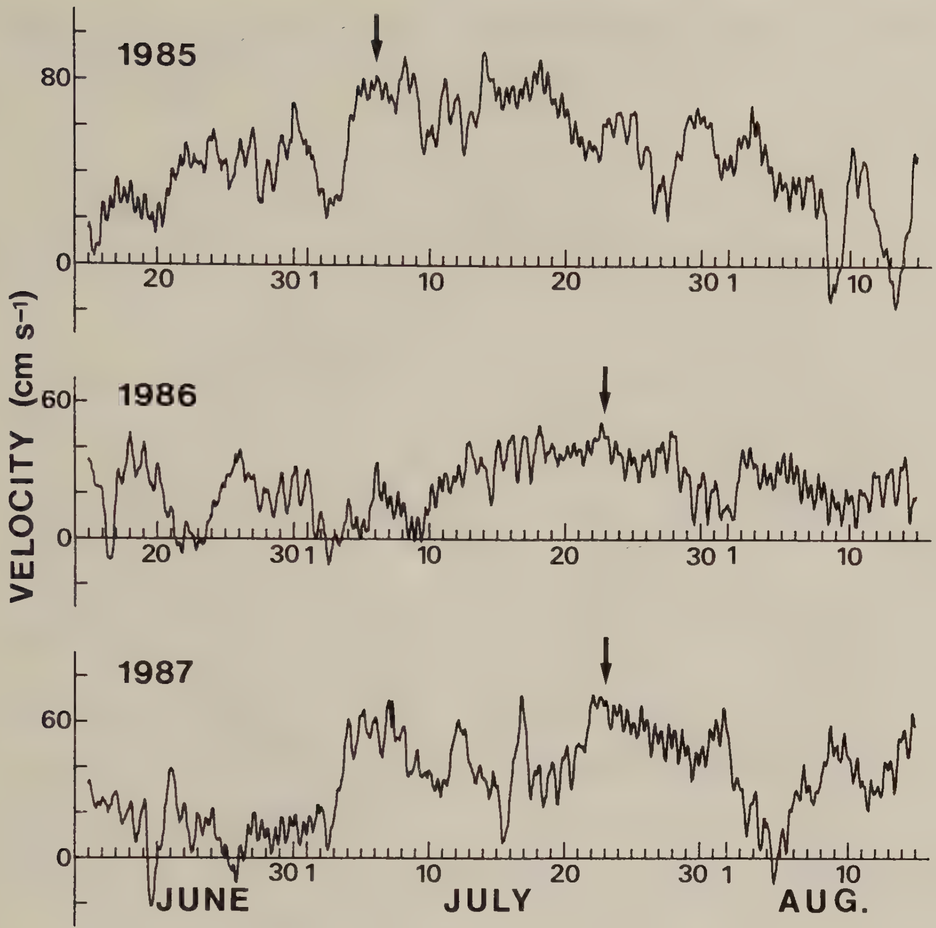


Fig. 5. Fluctuations of current velocity in the Kanmon Strait, prepared using data obtained by the Kanmon Aids to Navigation Office. Velocities are shown through 25 hours running-mean, and positive is toward the Seto Inland Sea. Arrows indicate the days when the salinities at 10m depth (Fig. 2) reach the lowest.

水道から山口県北西海域で33台となるが，対馬東水道では34以上の高塩水が分布する．8月になると全域で33台となり，対馬東水道中央部では32台を示す．

3．カタクチイワシ，マイワシの漁獲量変動および体長組成

カタクチイワシ，マイワシの日別出漁1隻当たり漁獲量変動をFig. 7に示す．なお，塩分変動も併せて示す．1985年には，カタクチイワシは6月中にはほぼ毎日漁獲されているが，7月になるとほとんど漁獲されていない．一方，マイワシは塩分が最低となる7月6日以降まとまって漁獲されるようになる．1986，1987年においても1985年と同様，カタクチイワシは塩分急低下が生じる前には比較的多く漁獲されるものの，急低下後はほとんど漁獲されなくなるのに対し，マイワシ漁獲量は塩分急低下後急激に増大している．1985，1987年には低塩水流入前のそれぞれ6月27日，6月29日にマイワシがまとまって漁獲されているが，いずれの場合も漁獲日直前に塩分の低下が認められる．

カタクチイワシについては6月10日～7月10日，マイワシについては7月10日～8月10日の漁獲物標本に基づいて作成した体長組成をFig. 8に示す．カタク

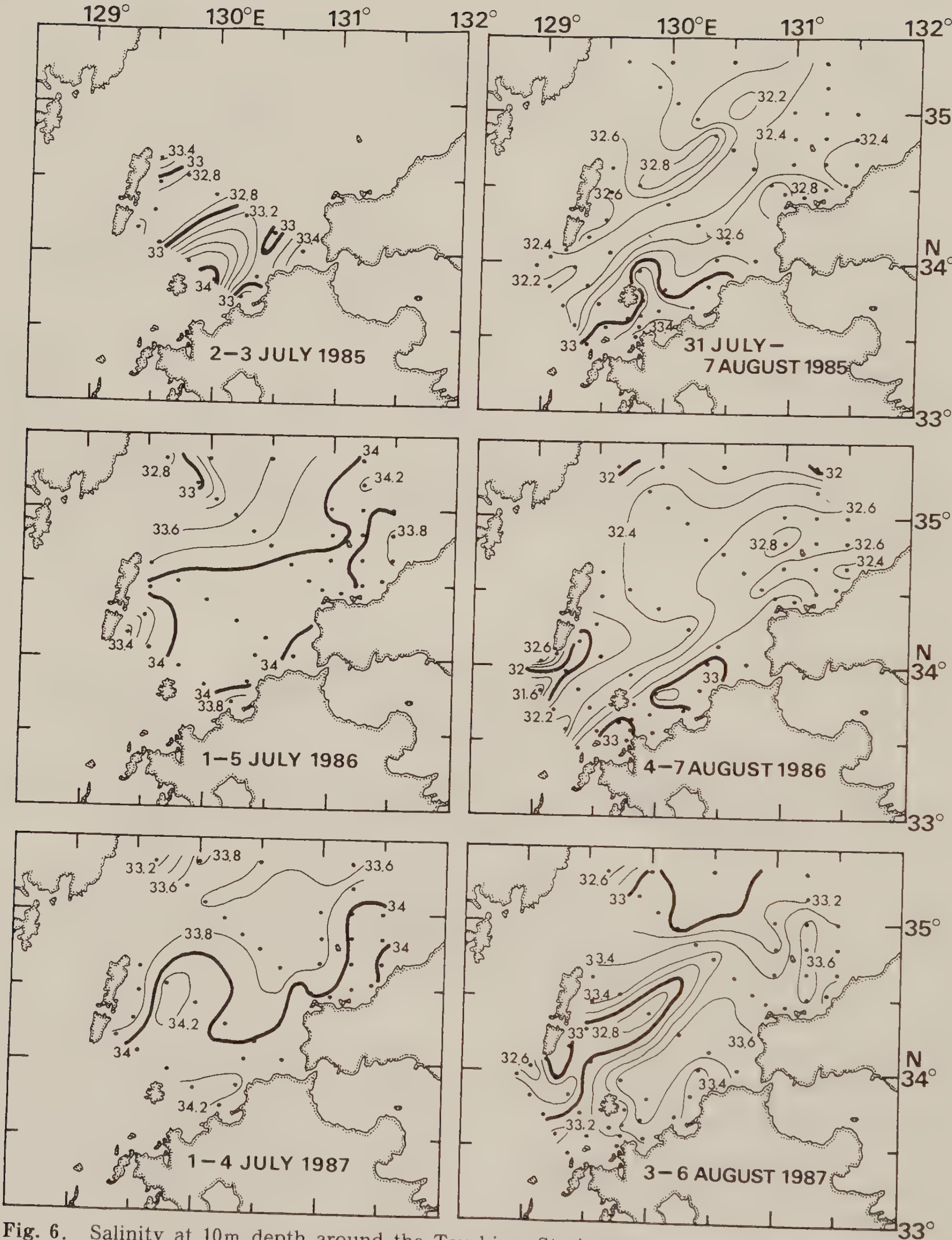


Fig. 6. Salinity at 10m depth around the Tsushima Strait, prepared using data obtained by the Yamaguchi Prefectural Open-sea Fisheries Experimental Station, the Fukuoka Prefectural Fukuoka Fisheries Experimental Station and the Saga Prefectural Fisheries Experimental Station.

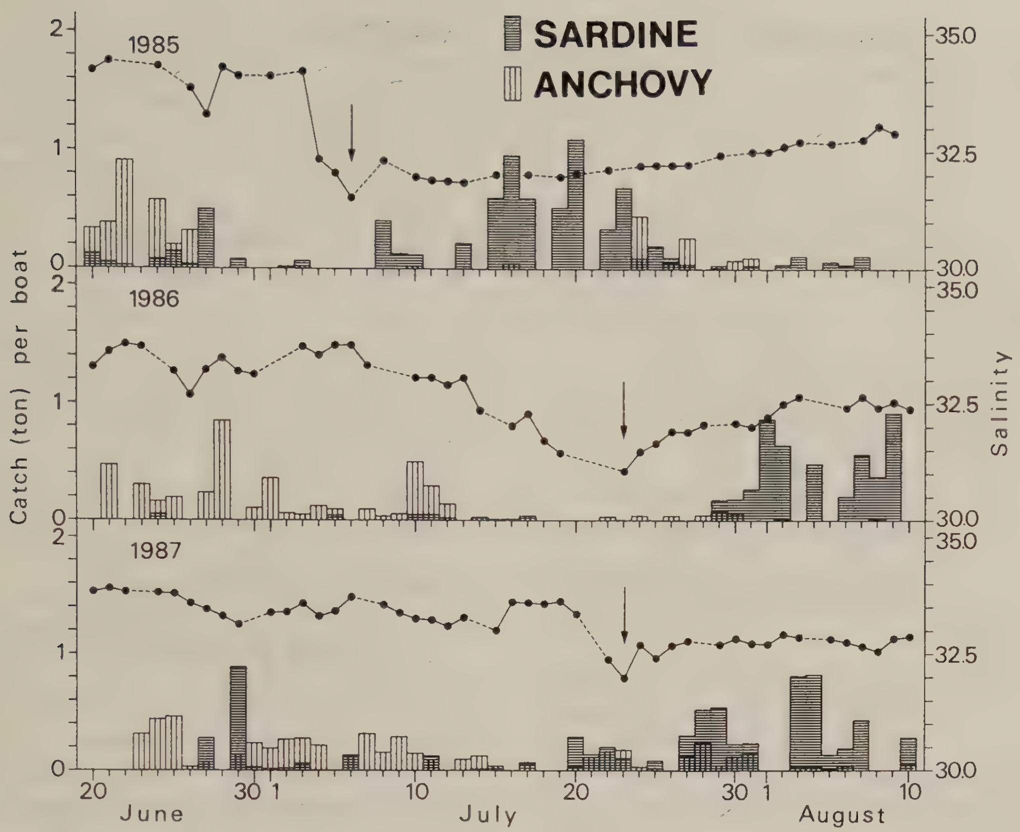


Fig. 7. Fluctuations of catch per unit boat with stick-held-net for the Japanese anchovy (vertically lined block) and sardine (horizontally lined block), and those of salinity at 10m depth at Shimonoseki. Arrows indicate the days when the salinities at 10m depth reach the lowest.

チイワシは，3カ年とも体長7cm以上の魚が主体となっており，そのモードは8cm台にある．一方，マイワシについては当歳魚が漁獲対象であるが，その体長組成は年によってかなり異なっている．1985年には，体長範囲は4～10cmでモードは6cm台後半にある．1986年には，2つの体長群が出現する．1つは5～8cmの群でモードは6cm台後半にある．もう1つは8～12cmの群でモードは10cm台後半にある．1987年には，体長範囲は5～11cmでモードは8cm台ある．

考　察

1985～1987年の3カ年とも7月に塩分急低下が生じている．今回の調査結果から，低塩水が下関市沿岸に流入する前後における塩分変動の様相を整理すると次のようになる．①低塩水流入前：塩分33～34台の比較的高塩な状態が続く，②低塩水流入時：ごく短期間（数日～10日程度）のうちに塩分は急激に低下して最低時には31台になるとともに，1m深と10m深の塩分の差が大きい，③低塩水流入後：塩分最低点からやや上昇して32.5～33.0の値で安定するとともに，1m深と10m深の塩分の差がほとんどなくなる．このように，当海域の低塩化はごく短期間のうちに急激に進行するものであると言える．

次に降雨，河川水，瀬戸内海系水および沖合水の4要因が，今回観測された低塩水の起源となる可能性に

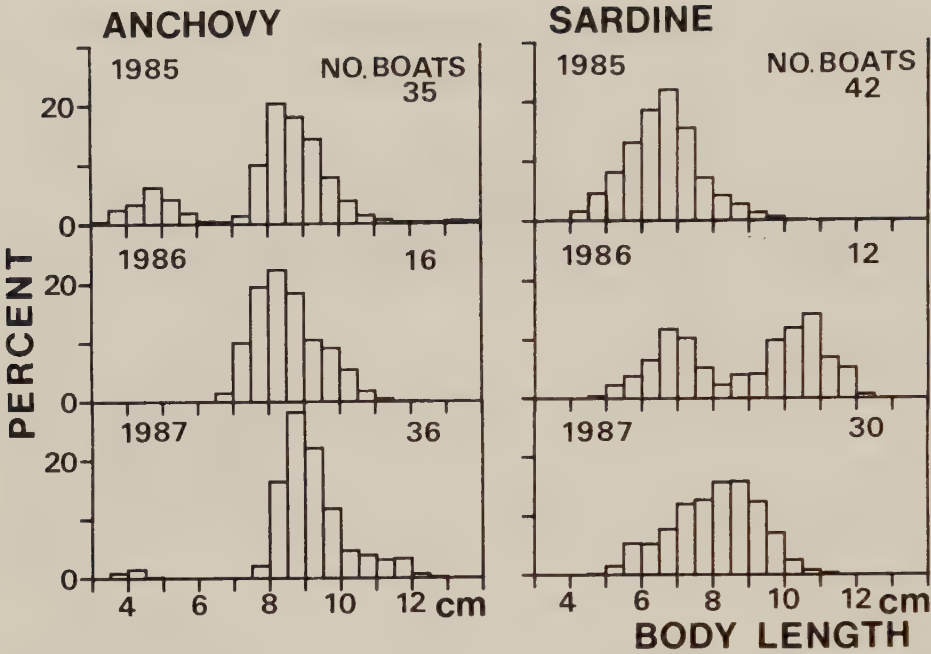


Fig. 8. Distributions of body length of the Japanese anchovy and sardine, caught during June 10–July 10 and during July 10–August 10, respectively.

ついて検討する．降雨の影響は1m深塩分には顕著に現れるものの，10m深塩分にはほとんどみられない．1986年には，降雨がほとんどなくなった後，1m深塩分は上昇するのに対し，10m深塩分では逆に低下している（Fig. 2）．また，遠賀川の流量が増大する期間は長くても約10日間に限定されており，下関市沿岸の塩分を低い状態で長期間安定させるだけの河川水の流出はない（Fig. 4）．さらに，塩分急低下が生じる期間では，3カ年とも関門海峡では東流が強い（Fig. 5）．このことは，同期間において瀬戸内海から響灘への海水流出がほとんどないことを意味する．したがって，降雨，河川水，瀬戸内海系水が低塩水の起源とは考えられない．一方，沖合水については（Fig. 6），1985年には塩分急低下が生じる直前に対馬東水道に塩分33以下の低塩水が流入しており，8月になるとこの低塩水が対馬海峡周辺に広く分布する．1986，1987年には塩分急低下から約2週間後の8月上旬の時点では，塩分33以下の低塩水が対馬東水道を中心に広く分布している．以上のことを考え合わせると，沖合水が今回観測された低塩水の起源とすることが最も妥当である．夏季に日本海へ流入する低塩水は，中国大陸沿岸水に由来すると言われている（小川，1983；高橋，1987；井上ら，1985）．実際，1985年の場合，6月上旬に既に東シナ海において塩分33以下の低塩水が分布しており（山下，1986），同年下関市沿岸で観測された低塩水についても中国大陸沿岸水に由来するものとみられる．

今回観測された塩分急低下は，関門海峡の流れの変動にもよく対応している（Fig. 5）だけでなく，1985，1986年には水温急上昇と同時に生じている（Fig. 3）ことから，この現象が空間スケールのかなり大きなものであると考えられる．Katoh and Hayashi*は，1985，1986年に観測された水温急上昇が下関市沿岸だけでなく萩市沿岸でも同時に発生したことを観測し，これが南西風の連吹に伴うエクマン輸送に起因した現象であることを示した．これらのことから，1987年の塩分急低下の機構については不明であるものの，1985，1986年については，沖合域に分布する低塩水が南西風の連吹に伴うエクマン輸送によって沿岸域に流

---

*Journal of Oceanography に投稿中

入した結果，塩分急低下が生じたものと考えることができる．

さらに，下関市沿岸で操業する棒受網漁船の漁獲物が，塩分急低下を境にカタクチイワシからマイワシへと明瞭に変化している（Fig. 7）．Fig. 8 によれば，漁獲されるマイワシの体長はおおむね 5cm以上であり，このサイズの魚であれば棒受網漁船による漁獲は可能である．ところで，1986, 1987 年には低塩水流入後，それぞれ10cm，8cm台にモードを有する大型体長群が漁獲されている（Fig. 8）．前述したように，体長 5cm以上の魚は漁獲可能であるため，これらの大型体長群を構成する魚が低塩水流入前から漁場に分布しているのであれば，5 ～ 8cmの小型魚が低塩水流入前に漁獲されると考えられるにもかかわらず，実際にはこのサイズの魚はほとんど漁獲されていない．したがって，マイワシは低塩水流入前には漁場に分布しておらず，低塩水流入後に漁場へ来遊した可能性が高い．

今回響灘で漁獲されたカタクチイワシの体長モードは 8cm台である（Fig. 8）．山口県で 5 ～ 7 月における成魚はおおむね10～11cmであることから（中原, 1974），今回の漁獲物の大半は未成魚であると言える．近藤（1971）は，カタクチイワシは発育段階に応じて異なる環境条件を必要とし，未成魚（体長 5 ～ 9cm）は黒潮系水の影響が及ぶ海域に分布すると述べた．また，三谷（1981）は神奈川県鎌倉市沖において体長 8 ～10cmのカタクチイワシは，黒潮系沖合水域（塩分：34.2）および表層混合層水域（塩分：33.9～34.2）に多く出現すると述べた．しかし，三谷（1982）は神奈川県金田湾においては，上記の報告とは異なり，体長 8 ～10cmのカタクチイワシは塩分32.2～33.0の極沿岸系水域にも多く出現することを示した．したがって，今回の漁獲物の体長範囲にあるカタクチイワシ未成魚は，比較的高塩な水域だけでなく，かなり低塩な水域でも特に問題なく分布することが可能と考えられる．一方，今回漁獲された体長 4 ～12cmのマイワシ未成魚については，三谷（1981）が上記の表層混合層水域に分布すると述べており、低塩水域を好んで分布することを指摘した報告は見当たらない．さらに，小川・中原（1979）は，今回の調査結果とは反対に，カタクチイワシは相対的に高温・低塩な水塊に，マイワシは低温・高塩な水塊に適応していることを示した．以上のことから考えると，今回観測されたカタクチイワシからマイワシへの漁獲対象魚種の変化は，塩分の変化自体が問題であるのではなく，低塩水流入に伴う「水塊の交替」に起因したと考えるほうが妥当であろう．1985，1987年において低塩水流入前のマイワシの一時的な漁獲と塩分の低下が同時に生じている（Fig. 7）ことも，水塊の交替に伴うマイワシ魚群の漁場への加入を示唆するものである．いずれにしても，今回の観測結果は低塩水流入がイワシ類の漁場形成に影響を及ぼすことを示しており，低塩水流入を境に海況だけでなく漁況も大きく変動すると言えよう．

要　　約

本研究から得られた主な知見は次のとおりである．

1）　1985～1987年の 3 カ年とも 7 月に塩分33以下の低塩水の流入がみられた．この低塩水は東シナ海から対馬海峡を経由して下関市沿岸に流入したと考えられた．

2）　低塩化はごく短期間（数日～10日程度）のうちに急激に進行した．この現象は周辺海域の流れや水温変動と連動するかなり大きな空間スケールのものと考えられた．1985，1986年に観測された低塩化現象は，南西風の連吹に伴うエクマン輸送に起因したものと考えられた．

3）　下関市沿岸で操業する棒受網漁船の漁獲物が，塩分急低下を境にカタクチイワシからマイワシへと明瞭に変化した．このことは，低塩水流入に伴う水塊の交替がイワシ類の漁場形成に影響を及ぼすことを示しており，低塩水流入を境に海況だけでなく漁況も大きく変動することが明らかになった．

謝　　辞

採水を行うにあたり多大な便宜をはかって頂いた下関市吉見漁業協同組合および下関市フィッシングパー

ク，水温計設置，棒受網漁獲統計の収集ならびに漁獲物標本採集に多大な便宜をはかって頂いた下関市南風泊漁業協同組合の各位に心より御礼申し上げる．また，市場調査の際にいろいろと便宜をはかって頂いた下関魚市場に深謝の意を表する．さらに貴重な観測記録を快く提供して下さった関門航路標識事務所，下関地方気象台，山口県外海水産試験場，福岡県福岡水産試験場（現，福岡県水産海洋技術センター筑前海研究所），佐賀県水産試験場（現，佐賀県玄海水産振興センター）の各位に厚く御礼申し上げる．

最後に本報告をとりまとめるにあたり，懇切な御助言を頂くとともに丁寧に御校閲頂いた京都大学名誉教授川合英夫博上に心より御礼申し上げる．

文　　献

井上尚文・三井田恒博・俵　悟　1985：対馬海峡　II 物理．「日本全国沿岸海洋誌」（日本海洋学会沿岸海洋研究部会編），914–933，東海大学出版会，東京．

近藤恵一　1971：カタクチイワシの生態と資源．水産研究叢績20（日本水産資源保護協会刊行），1–57

三谷　勇　1981：神奈川県沿岸に来遊するイワシ類の生態に関する研究—I　神奈川県鎌倉沖におけるマイワシとカタクチイワシの来遊特性．神奈川県水産試験場研究報告，(3)，39–50.

三谷　勇　1982：神奈川県沿岸に来遊するイワシ類の生態に関する研究—II　金田湾におけるマイワシとカタクチイワシの来遊特性．神奈川県水産試験場研究報告，(4)，9–16.

中原民男　1974：日本海の山口県産カタクチイワシの生物学的諸特性と漁況変動．山口県外海水産試験場研究報告，14，41–61.

日本河川協会　1987—1989：流量年報　昭和60—62年（建設省河川局編），丸井工文社，東京．

小川嘉彦　1983：対馬海峡から日本海へ流入する海水の水温・塩分の季節変化．水産海洋研究会報，(43)，1–8.

小川嘉彦・中原民男　1979：浮魚類における卓越種の交替—II　浮魚類分布域の海況特性とその変動．水産海洋研究会報，(35)，1–13.

小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・武田雷介　1986：山陰沿岸〝シロイカ〟漁場の海況．日本海西部海域に生息する〝シロイカ〟（ケンサキイカ・ブドウイカ）に関する共同研究報告書　第2号（山口県外海水産試験場・島根県水産試験場・鳥取県水産試験場・兵庫県但馬水産事務所刊行），28–55.

高橋　実　1987：対馬東水道における水温・塩分の季節変化．福岡県福岡水産試験場研究業務報告　昭和60年度，1–14.

高橋　実・古田久典　1988：いか釣漁業からみた筑前海域におけるケンサキイカ・ブドウイカの漁場形成と海洋構造．福岡県福岡水産試験場研究報告，(14)，13–21.

俵　悟・三井田恒博・藤原建紀　1984：対馬海峡の海況とその変動特性．沿岸海洋研究ノート，22 (1)，50–58.

山下秀夫　1986：1985年初夏，東シナ海の大陸棚縁辺海域における低塩分水の出現．水産海洋研究会報，50 (2)，187–189.

東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究—Ⅱ. 年令と成長

松 岡 正 信*

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea–Ⅱ. Age and Growth

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

A comparative examination on the two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, "Honmeita" and "Bakemeita", in the East China Sea and the Yellow Sea, was undertaken to clarify age and growth structure.

Histograms of the size composition of females and males of the two types collected in spawning season were divided into normal distributions. The mean of each normal distribution was considered to show the total length at full age and the Walford graphic method was applied to this data. Bertalanffy's growth equations can be shown as follows ;

Female "Honmeita" : $L_t=361.3\,[1-\exp\{-0.226\,(t+1.510)\}]$
Male "Honmeita" : $L_t=383.9\,[1-\exp\{-0.154\,(t+2.480)\}]$
Female "Bakemeita" : $L_t=328.0\,[1-\exp\{-0.163\,(t+2.213)\}]$
Male "Bakemeita" : $L_t=233.5\,[1-\exp\{-0.464\,(t+0.716)\}]$ or
$L_t=233.7\,[1-\exp\{-0.446\,(t+0.787)\}]$
(L_t, total length ; t, age)

The growth of "Honmeita" is significantly faster than that of "Bakemeita". The growth of female of "Honmeita" is faster than that of male, although no difference was detected in the growth of female and male of "Bakemeita".

平成８年６月26日受理（Received June 26, 1996）
西海区水産研究所業績528号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 528）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

はじめに

前報（松岡ら，1989）において，東シナ海・黄海に分布するメイタガレイ（*Pleuronichthys cornutus*）2型（以下，ホンメイタ型とバケメイタ型と称する）は遺伝的に明らかに別種であり，形態や生態的にも大きな差異のあることが示された．その中で，両型の全長組成も大きく異なっており，成長にも差があるものと推定された．本海域のメイタガレイの年令と成長については陳・大滝（1974）の報告があるが，この中にはホンメイタ型とバケメイタ型が混じっていた可能性があり（松岡ら，1989），再検討の必要がある．そこで，本報告では，全長組成の複合正規分布への分解結果に基づいて，両型の年令と成長について比較検討した．

本研究を行うに当たり，西海区水産研究所資源部底魚第一研究室（当時）の藤田　矗室長（現在，石垣支所長），北島忠弘主任研究官（退職）および研究員の時村宗春博士（現在，資源管理部底魚資源管理研究室長）には共同してトロール調査や標本測定をしていただいた．また，長崎県立長崎水産高校練習船「長水丸」の乗組員，練習生諸氏には，終始熱心に調査にご協力いただいた．故加藤史彦魚類増殖研究室長（当時）にはデータ解析について御教示いただいた．輿石裕一魚類増殖研究室長には本論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して深く感謝の意を表する．

方法

本研究に用いた標本は，前報（松岡ら，1989）と同様に，長崎県長崎水産高校練習船「長水丸」を用船し，1986年1月～3月に採集したものである．用いたトロール網はコッドエンド目合66㎜（外寸）のもので，コッドエンドの外側に目合18㎜のカバーネットⅠ，さらにその外側に目合12.6㎜のカバーネットⅡを取り付けた．メイタガレイ2型は全てコッドエンドで採集され，カバーネットⅠおよびⅡの採集物中には全く認められなかった．この調査でホンメイタ型974個体，バケメイタ型750個体が採集された．しかし，前報の海域区分であるⅠ区（北緯34°以北）とⅡ区（32～34°）にはホンメイタ型のみが分布していたため，これらの標本を除外し，両型が共に分布していたⅢ区（30～32°），Ⅳ区（28～30°）およびⅤ区（28°以南）で採集された標本（ホンメイタ型の雌401個体，雄319個体，バケメイタ型の雌314個体，雄331個体）を用いた．

これらの標本について雌雄別の全長組成を赤嶺・加藤（1988）の分析法を用いて各正規分布に分解した．なお，陳・大滝（1974）は東シナ海・黄海産メイタガレイの産卵盛期を2月と推定した．今回用いた標本の生殖腺重量および卵の成熟状態を検討した結果，ホンメイタ型の産卵期は1月から3月中旬，バケメイタ型では2月から3月下旬と考えられた（松岡，1996）．今回用いたホンメイタ型の標本の約8割は2月に，2割は3月に採集された．また，バケメイタ型は2月と3月に約半数ずつ採集されたことから，両型ともほぼ各々の産卵期に採集されたとみなすことができる．従って，各正規分布の平均値は満年令時の平均全長を示すものとして取り扱った．

結果

今回の採集は，トロール網の末端部が目合の異なる3重の網から成るものを用いたため，小型個体の網目逸出はなかったものと考えられる．従って，最も小さい平均値をもつ正規分布に属する個体は満1才魚であると考えて差し支えない．

ホンメイタ型の雌と雄の全長組成と各正規分布への分解図を Fig.1 に示した．雌の全長範囲は121～292㎜で，5つの正規分布に分解された．一方，雄の全長範囲は 108～256㎜で4つの正規分布に分解されたが，大部分が満3才魚以下と考えられる3つの正規分布に属し，全長245㎜に平均値を持つ満4才魚の出現頻度は極めて低かった．

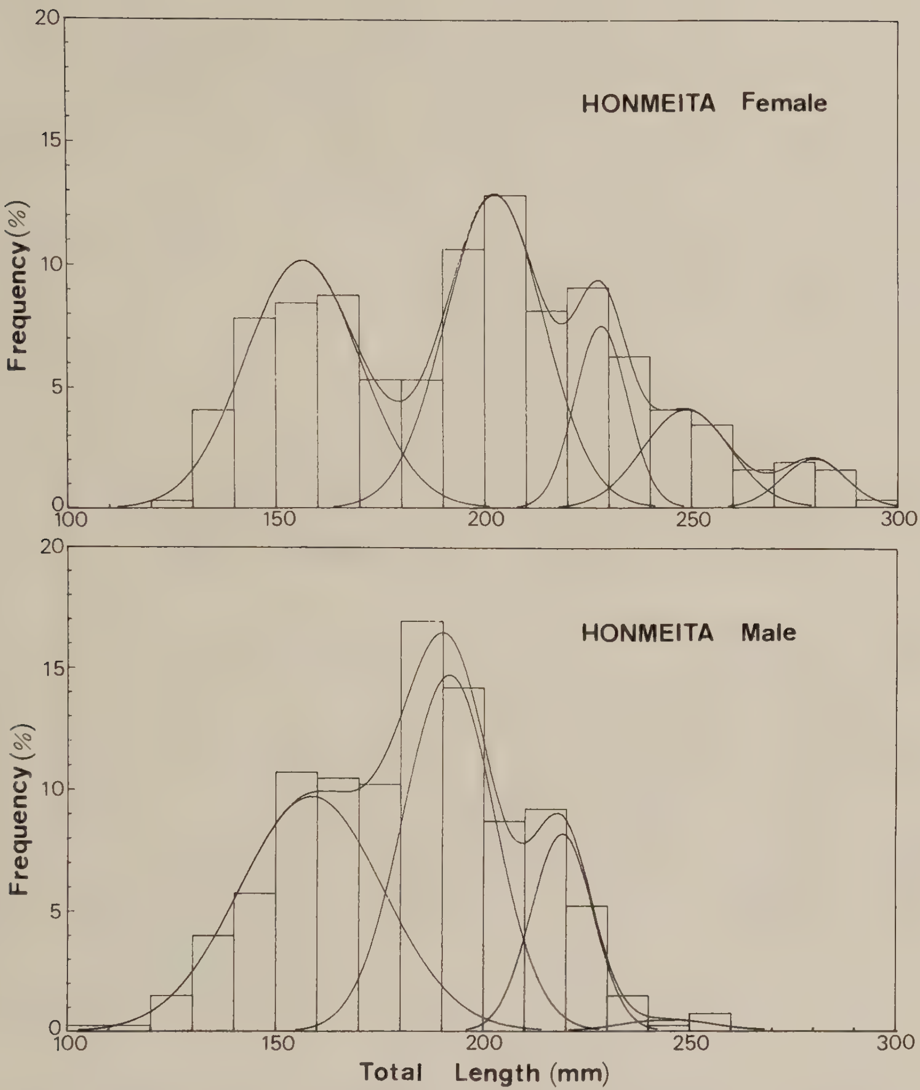


Fig. 1. Histograms of the size compositions divided into normal distributions for female and male "Honmeita" type frog flounder.

バケメイタ型の雌と雄の全長組成と各正規分布への分解図を Fig. 2 に示した．雌の全長範囲は106～230mmで，4つの正規分布に分解された．雄の全長範囲は106～219mmで，4つ（Fig. 2, Male①）または3つ（Fig. 2, Male②）の正規分布に分解された．何れの場合においても，満3才魚以上の出現頻度は雌に比べてかなり低かった．

Fig. 3 はホンメイタ型の雌雄における各正規分布の平均値を満年令時の平均全長として Walford の定差図を描いたものである．回帰直線の相関係数は雌で0.9731，雄で0.9998と雄の方が高い値を示した．極限全長は雌で361mm，雄で384mmと算出された．Fig. 4 はバケメイタ型における定差図を示したもので，回帰直線の相関係数は雌で0.9911，雄で0.9999（Fig. 4, Male①）とホンメイタ型の場合と同様に雄の方が高い値を示した．極限全長は雌で328mm，雄で234mmで

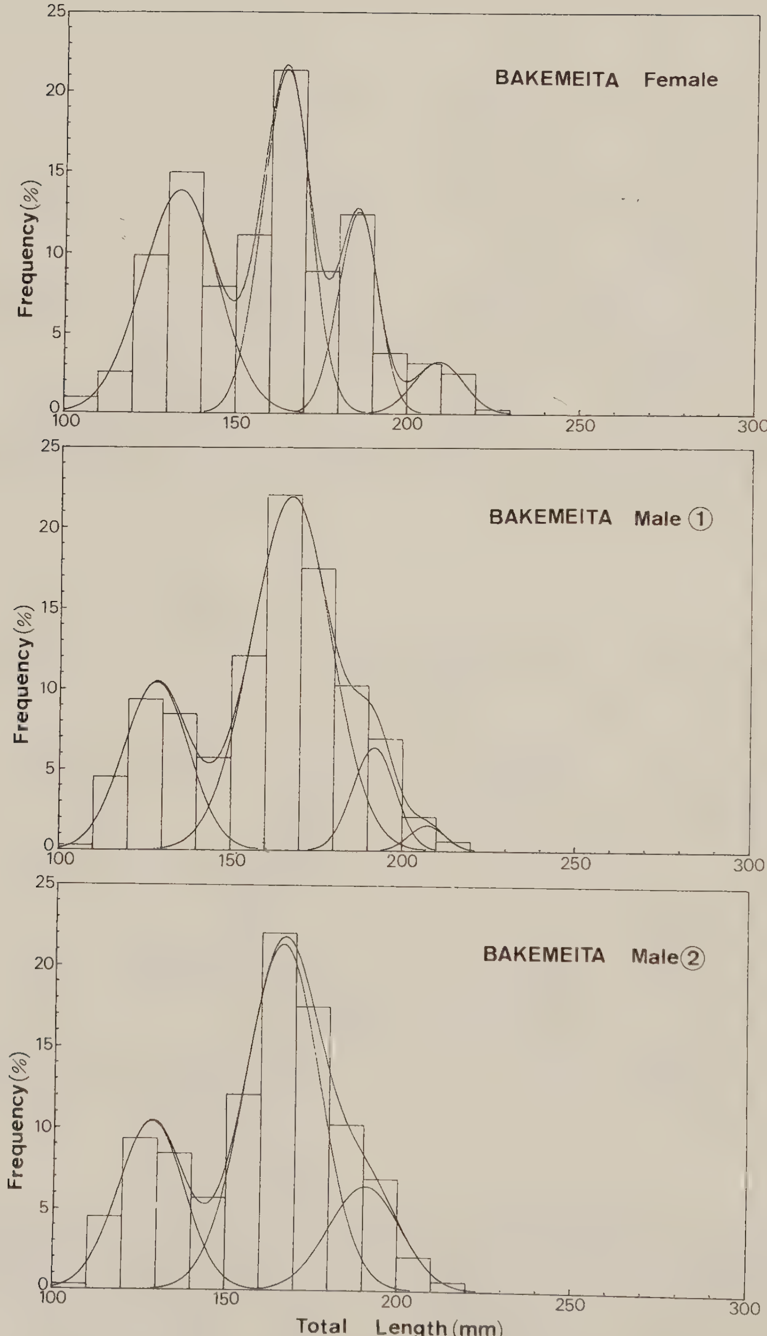


Fig. 2. Histograms of the size compositions divided into normal distributions for female and male "Bakemeita" type frog flounder. For males, two cases are given where the number of identified cohorts is considered to be four (①) or three (②).

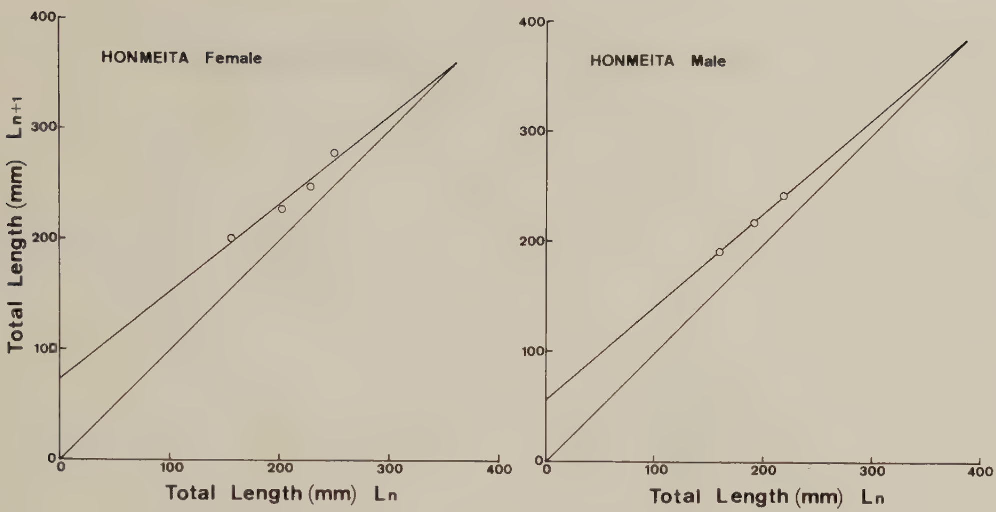


Fig. 3. Walford's plot of growth in female and male "Honmeita" type frog flounder.

あった．

次に Bertalanffy の成長式を求めると，ホンメイタ型では以下の式となった．

雌　$L_t=361.3\,[1-\exp\{-0.226\,(t+1.510)\}]$

雄　$L_t=383.9\,[1-\exp\{-0.154\,(t+2.480)\}]$

バケメイタ型では以下の成長式が求められた．

雌　$L_t=328.0\,[1-\exp\{-0.163\,(t+2.213)\}]$

雄①　$L_t=233.5\,[1-\exp\{-0.464\,(t+0.716)\}]$

（4才まで）

②　$L_t=233.7\,[1-\exp\{-0.446\,(t+0.787)\}]$

（3才まで）

（L_t は全長，t は年令を示す）

これらの成長式を図に示したのが Fig. 5 である．この図から，ホンメイタ型とバケメイタ型では明らかに前者の方が成長が早く，極限全長も大きいことがわかる．また，ホンメイタ型の雌雄では満1才までの成長はほぼ同じであるが，2才から4才までは雄より雌の成長が早く，寿命も雌の方が1年長い傾向がある．一方，バケメイタ型では雌雄間の成長の差はほとんど認められなかった．

考　　察

今回算出したホンメイタ型の成長式において，雌の極限全長は361㎜，雄では384㎜となった．実際に採集された最大個体の全長は雌で292㎜，雄で256㎜と極限体長とはかなり差が認められた．しかし，陳・大滝（1974）は1954年から1961年に漁獲された標本の中で350㎜以上に達した雌個体を観察しているため，漁獲圧の低い条件下での成長の可能性としては，今回の雌の極限全長はほぼ妥当なものと考えられる．一方，雄については，Fig. 1 から明らかなように大型個体の大部分は雌から成るため，真の極限全長は雄より雌の方が大きいと考えられる．陳・大滝（1974）においても300㎜以上に達した雄個体は得られていない．従って，雄の極限全長に関しては再検討の必要があり，耳石等を用いた年令査定によってより確かな成長式を求める必要があろう．

メイタガレイ類の成長に関する最近の報告例と今回の結果を Table 1 に示した．はじめに述べたように，陳・大滝（1974）は東シナ海・黄海産のメイタガレイについて調べているが，標本の採集海域からみて，この中にはホンメイタ型とバケメイタ型が混じっていた

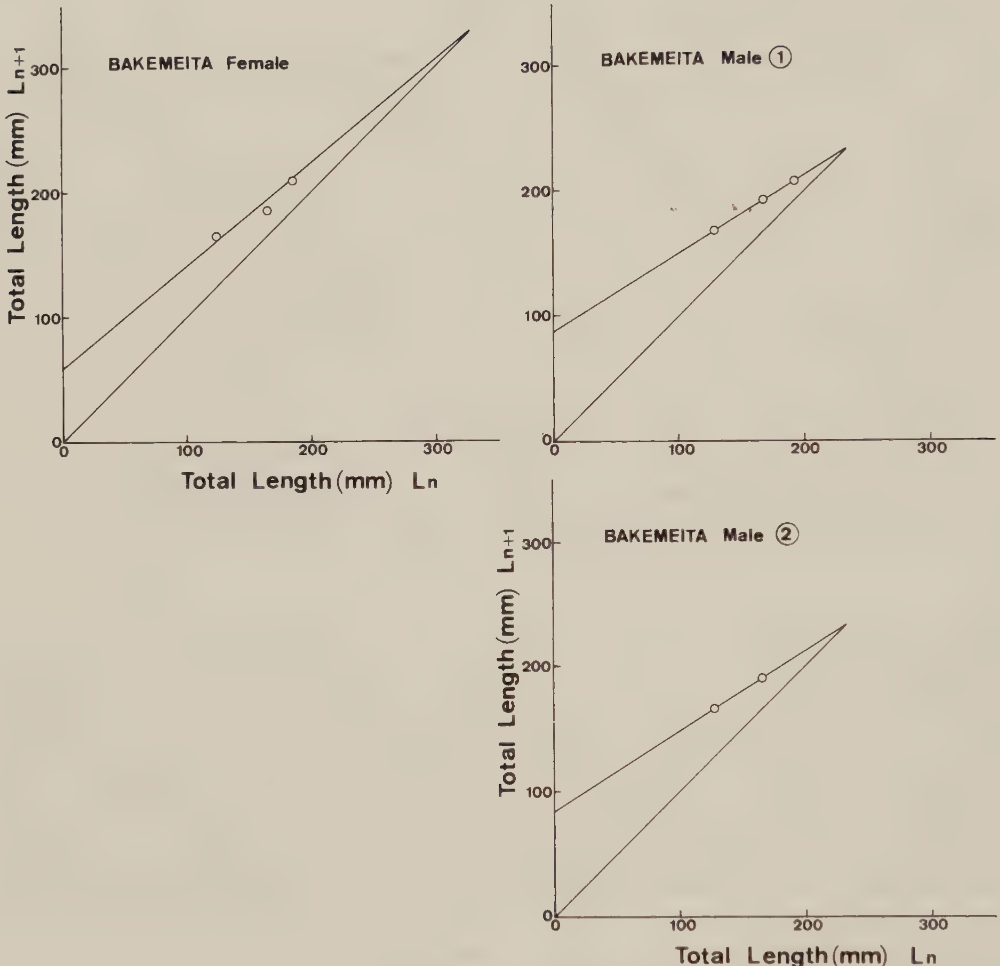


Fig. 4. Walford's plot of growth in female and male "Bakemeita" type frog flounder. For males, two plots are given where the number of identified cohorts is considered to be four (①) or three (②) (see Fig. 2).

可能性がある（松岡ら，1989）．また，この報告において，満1才魚の平均全長が小さい原因として1才魚の標本の中にバケメイタ型が含まれていた可能性が指摘されている（渡辺・上田，1990）．これまで，ホンメイタ型とバケメイタ型を区別して成長を比較した例は渡辺（1993）と本研究のみである．前者は紀伊水道およびその外海域のメイタガレイ類において，ホンメイタ型の方がバケメイタ型より成長が早いことを報告している．この点に関しては，本研究の結果も同様であった．松岡ら（1989）は東シナ海・黄海における広範囲のトロール調査によって，ホンメイタ型は水深25mから117mまでの広い海域で採集されたのに対し，バケメイタ型は水深100m前後を中心とした深い海域に偏って分布していることを明らかにした．また，ホンメイタ型は広い水温範囲で認められたのに対し，バケメイタ型は冬期の水温が14℃以上の比較的高い底層水温域で多く採集された．このような生息環境の差異が成長の違いと密接に関連している可能性がある．一方，Table 1 にみられるように各年令時の全長は渡辺（1993）と本研究では大きく異なり，ホンメイタ型およびバケメイタ型とも紀伊水道とその外海域産の方が東シナ海産よりはるかに成長が早い．この点については

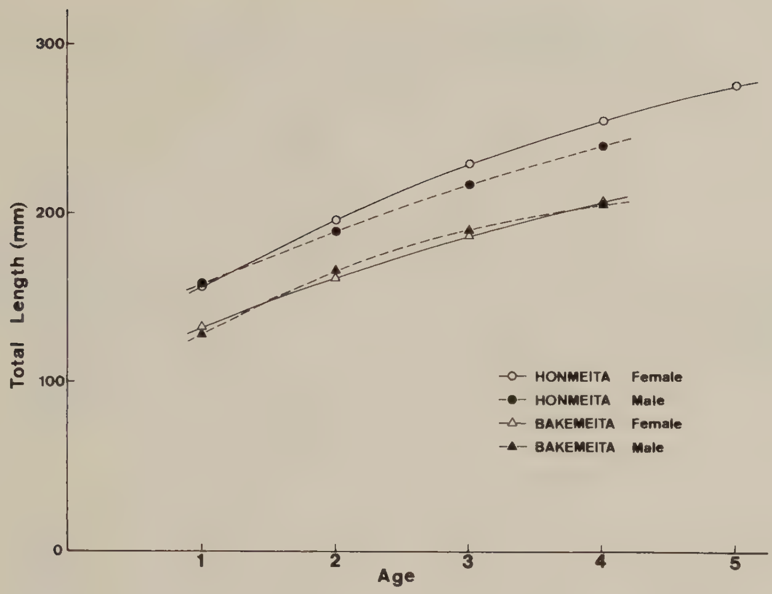


Fig. 5. Growth curves of females and males of the two types of frog flounder.

Table 1. Comparison of growth (total length, cm) reported in the two types of frog flounder.

	Chen & Otaki (1974)		Watanabe & Ueda (1990)	Watanabe (1993)		Present study			
Age			Honmeita	Honmeita	Bakemeita	Honmeita		Bakemeita	
	Female	Male	Female & Male	Female & Male	Female & Male	Female	Male	Female	Male*
1	11.3	9.9	13.9	18.4	16.3	15.6	15.9	13.4	12.8
2	17.2	16.9	17.3	25.7	21.6	19.8	19.1	16.3	16.7
3	21.2	21.1	20.7	29.3	24.9	23.1	21.8	18.8	19.2
4	23.9	23.6	24.0	31.3	27.2	25.7	24.2	20.9	20.7
5						27.8			

*The growth in which the analyzed maximum age is considered to be four.

餌料条件あるいは系群の違い等が関与しているかもしれない．また，前者の報告では両型とも雌雄間でほとんど成長に差がなかったとしているが，本研究ではホンメイタ型の成長は雄より雌の方が早い結果となり，また，寿命も雌の方が長い傾向が認められた．カレイ類の多くは，雌雄によって体長組成が顕著に異なり，雄の方が小さい．これは性によって成長率が異なることにもよるが，概して雌の方が晩熟性で長命であることにも原因しているという（落合，1965）．これまでの報告では，ホンメイタ型の成長は海域間でかなり差が認められる（渡辺，1993）．渡辺・上田（1990）は播磨灘産のホンメイタ型の成長が地理的に近い紀伊水道に比べてかなり遅いことを報告している（Table 1）．また，正木ら（1985）は周防灘産のメイタガレイ（おそらくホンメイタ型と思われる）の成長がかなり遅いことを報告している．このような差がなぜ起こるのかは不明であるが，今後，ホンメイタ型とバケメイタ型を正確に分け，さらに全長組成の分解だけでなく，精密

な年令査定に基づく年令と成長の解析結果を様々な海域間で比較検討すると共に，系群分析等の研究も必要であろう．

文 献

赤嶺達郎・加藤史彦 1988：複合正規分布のパラメータ推定．「パソコンによる資源解析プログラム集」（東海区水産研究所 数理統計部編），177–188，東海区水産研究所，東京．

陳 哲聡・大滝英夫 1974：東シナ海・黄海産メイタガレイの資源生物学的研究．西水研研報，(46)，1–20．

正木康昭・伊東 弘・東海 正・山口義昭 1985：周防灘産メイタガレイの年令と成長．日水誌，51(12)，1963–1970．

松岡正信 1996：東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究—Ⅲ．成熟と季節による分布域の変化．西水研研報，(74)，55–62．

松岡正信・谷口順彦・藤田 矗・北島忠弘・時村宗春 1989：東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究—Ⅰ．分布，形態及び遺伝的差異．西水研研報，(67)，23–36．

落合 明 1965：年令．「魚類学（上）」，132–136，恒星社厚生閣，東京．

渡辺健一 1993：日本産メイタガレイ2同胞種の遺伝学的，生態学的，形態学的分化に関する研究．博士学位論文，東京大学，pp．135．

渡辺健一・上田幸男 1990：播磨灘産メイタガレイの成長．水産増殖，38(2)，191–197．

西水研研報 第74号 平成8年10月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 74 October 1996

東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究－Ⅲ. 成熟と季節による分布域の変化

松 岡 正 信*

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea–Ⅲ. Sexual Maturation and Seasonal Change of Distribution

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

A comparative examination on the two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, “Honmeita” and “Bakemeita”, in the East China Sea and the Yellow Sea, was undertaken to clarify spawning season, maturation size and seasonal changes of distribution.

Spawning season of “Honmeita” was considered to be from January to the middle of March and that of “Bakemeita” from February to the end of March. Spawning season of the two types overlapped from February to the middle of March. Maturation sizes of female and male “Honmeita”, were approximately 190 mm and 180mm total length (TL), respectively. In “Bakemeita”, both female and male maturation sizes were approximately 150mm TL. From these sizes, most of the two years old fishes of the two types were considered to be mature.

In the East China Sea, “Honmeita” migrated toward the north during spring to summer and toward the south during autumn to winter. On the other hand, “Bakemeita” showed no conspicuous migration. From the results, the two types are distributed over a broadly overlapping area ranging from Lat. 28°N to 30°N during winter, although with little overlap during summer. The broad overlap in distribution of the two types in the spawning season may indicate the existence of pecuriar genetic or reproductive isolation to exclude hybridization.

平成8年8月26日受理（Received August 26, 1996）
西海区水産研究所業績536号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 536）
*西海区水産研究所 〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

は じ め に

これまでに，東シナ海・黄海に分布するメイタガレイ (*Pleuronichthys cornutus*) 2型（以下，ホンメイタ型とバケメイタ型と称する）は遺伝的，形態的および生態的に大きな差異があると共に，成長様式（成長速度，最大体長等）においても顕著な違いが認められることを報告した（松岡ら，1989；松岡，1996）．本報告では，両型の成熟について，特に産卵期と成熟サイズを比較すると共に，季節による分布域の変化について検討した．なお，当海域のメイタガレイの成熟については陳・大滝（1974）の報告があるが，ホンメイタ型とバケメイタ型を区別して再検討する必要がある．

本研究を行うに当たり，西海区水産研究所資源部底魚第一研究室（当時）の藤田　矗室長（現在，石垣支所長），北島忠弘主任研究官（退職）および研究員の時村宗春博士（現在，資源管理部底魚資源管理研究室長）には共同してトロール調査や標本測定をしていただいた．また，長崎県立長崎水産高校練習船「長水丸」および熊本県立水産高校練習船「熊本丸」の乗組員，練習生諸氏には，終始熱心に調査にご協力いただいた．当所資源管理部村田　守部長および浮魚資源生態研究室小西芳信室長には本論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して深く感謝の意を表する．

方 法

1．成 熟

本研究では，前報（松岡，1996）と同様に，長崎県立長崎水産高等学校練習船「長水丸」を用船し，1986年1月～3月に採集した標本のうち，ホンメイタ型とバケメイタ型が共に分布していたⅢ区（北緯30～32°），Ⅳ区（28～30°）およびⅤ区（28°以南）の標本を用いた．使用した標本は，ホンメイタ型の雌292個体（全長121～290㎜），雄284個体（108～253㎜），バケメイタ型の雌226個体（106～230㎜），雄239個体（106～219㎜）である．

これらの標本は凍結して持ち帰り，解凍後に全長と体重の計測を行った．さらに，生殖腺を摘出してその重量を量り，生殖腺体指数（GSI＝100GW/BW，ただしGWは生殖腺重量，BWは体重）を算出した．なお，データの補足のために，1985年12月13日と14日および1986年4月4日と6日に以西底びき網漁船によって漁獲された標本についても，同様の測定を行った．

2．分 布

分布の検討に用いた標本は以下の通りである．1986年1月14日～3月26日に長水丸を用船して採集したホンメイタ型974個体（全長108～292㎜）とバケメイタ型750個体（106～230㎜）．1986年10月23日～12月14日に熊本県立水産高等学校練習船「熊本丸」を用船して採集したホンメイタ型413個体（93～305㎜）とバケメイタ型374個体（93～229㎜）．1987年5月28日～7月20日に熊本丸で採集したホンメイタ型394個体（80～320㎜）とバケメイタ型237個体（126～217㎜）．1988年4月16日～6月8日に熊本丸で採集したホンメイタ型407個体（115～300㎜）とバケメイタ型693個体（122～226㎜）．東シナ海・黄海の広範な海域にわたる緯経度30分桝目の海区について，各1回のトロール曳網（3ノット，1時間びき）およびDBTによる水温観測を行った．

結 果

1．成 熟

Fig. 1は全長200㎜以上のホンメイタ型の雌（左）と同160㎜以上のバケメイタ型の雌（右）の採集日によるGSI変化を示したものである．12月13日および14日に採集されたホンメイタ型では，卵巣の成熟途上の個体が多く，GSIの最大値は5.3であった．1月の標本が欠如しているが，2月18日から26日にかけて採集された標本では，GSIの高い個体が多く，その最大値は9.2で

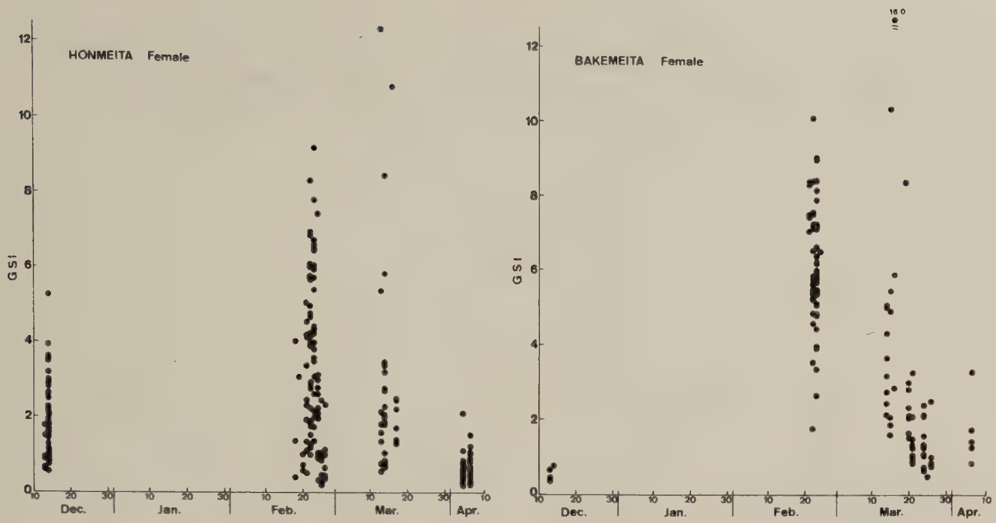


Fig. 1. Seasonal changes of female's gonadosomatic index (GSI=100GW/BW: GW, gonad weight; BW, body weight) of the two types of frog flounder. Left: "Honmeita" over 200mm in total length. Right: "Bakemeita" over 160mm TL.

あった．また，GSI が低く，卵巣被膜が委縮し黒ずんでおり，外見的に放卵後と思われる卵巣を持った個体も出現したことから，活発に産卵が行われていた時期と考えられる．3月13日から17日にかけて採集された標本では，高い GSI を示すものが数個体認められたが，大半は GSI 3.5 以下であり，放卵後と思われる卵巣を持つ個体も多いことから，産卵末期と考えられる．4月4日と6日に採集された標本では，GSI の最大値は2.1であり，大部分は1以下であったことから，産卵は既に終了していたものと考えられる．このことから，ホンメイタ型の産卵期は1月から3月中旬と推定される．

バケメイタ型では，12月13日および14日に採集された標本の GSI は何れも1以下と未熟な状態であった．2月21日から23日に採集された標本では，GSI が5～9と高い個体が多く，最大値は10.1であった．一部に GSI の低い個体も認められることから，産卵初期と考えられる．3月14日から19日にかけては，GSI が16.0と非常に高い個体も認められる一方，大部分は2～6と低下しており，産卵盛期を過ぎているものと考えられる．また，3月20日から26日にかけては，GSI 3 以下の個体が多く，産卵末期と考えられる．4月6日に採集された標本では，GSI 3.3 のものが1個体認められたものの，他の個体では0.9～1.8と低く，ほぼ産卵期の終わりと考えられる．以上から，バケメイタ型の産卵期は2月から3月下旬と推定される．

Fig. 2 はホンメイタ型（左）とバケメイタ型（右）の雌の全長と GSI の関係を示している．ホンメイタ型の場合，全長190㎜以上では GSI の高い個体が顕著に多くなる傾向が認められた．また，150～160㎜台でも GSI が1以上の個体も存在した．松岡（1996）によると，ホンメイタ型の雌の全長は満1才で平均156㎜，満2才で198㎜と報告されている．このことから，一部には満1才で成熟する個体が存在する可能性があるものの，大部分は満2才で成熟するものと考えられる．バケメイタ型では，全長150㎜以上で GSI の高い個体が多くなる傾向があり，130～140㎜台でも GSI が1以上の個体も存在した．バケメイタ型の雌の成長は，満1才で平均134㎜，満2才で163㎜と報告されている（松岡，1996）．従って，ホンメイタ型と同様に，一部の個体は満1才で成熟する可能性があるものの，大部分は満2才で成熟するものと考えられる．

メイタガレイ類の精巣は非常に小さく，GSI は極めて低い値を示した．Fig. 3 はホンメイタ型（左）とバ

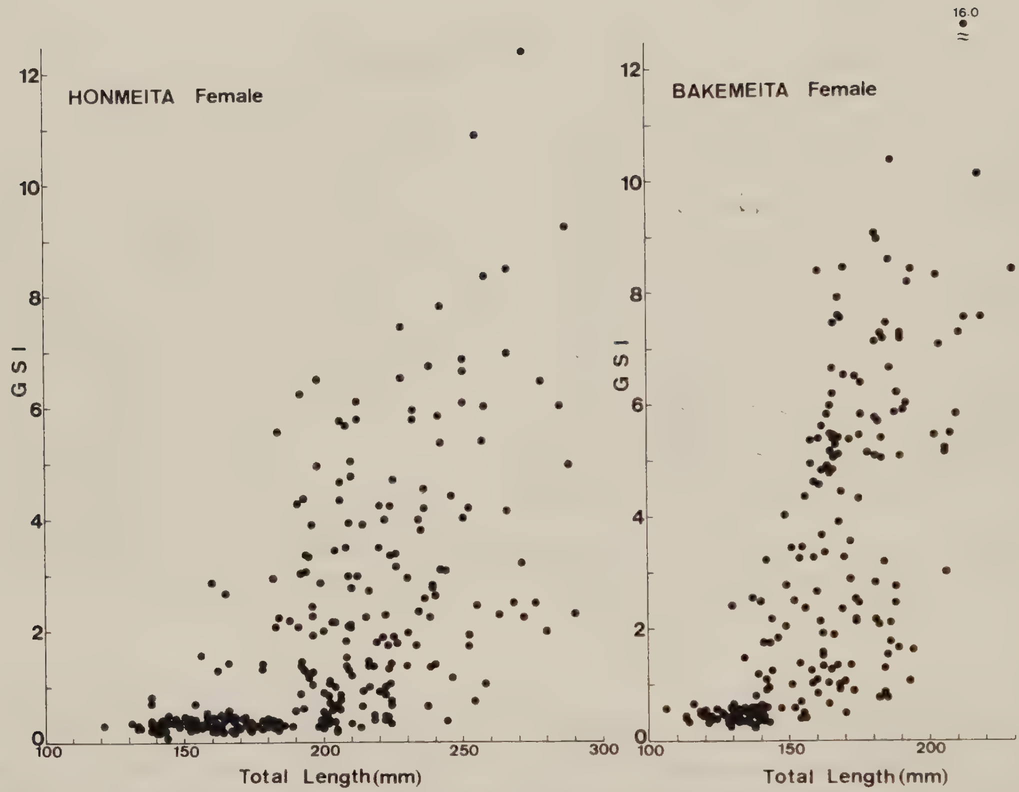


Fig. 2. Relationships between total length and female's GSI of the two types of frog flounder. Left: "Honmeita". Right: "Bakemeita".

ケメイタ型（右）の雄の全長と GSI の関係を示している．ホンメイタ型の場合，GSI は成長と共に漸進的に増加し，全長180mm以上で GSI が0.1以上に達する個体が増加した．また，バケメイタ型では，全長150mm以上で GSI が0.1以上に達する個体が顕著に増加した．ホンメイタ型の雄の成長は，満1才で平均159mm，満2才で191mm，バケメイタ型では，満1才で平均128mm，満2才で167mmと報告されている（松岡，1996）．このことから，GSI が0.1以上に達したものを成熟個体とすると（渡辺ら，1996），両型とも大部分が満2才で成熟すると考えられる．

2. 季節による分布域の変化

1～3月には，ホンメイタ型はほぼ北緯28°以北の東シナ海に広く分布する他，黄海域にやや濃密な分布がみられ，済州島の西側でもわずかに採集された．一方，バケメイタ型の主分布域は北緯30°以南であったが，大陸棚縁辺部に沿ったやや北側でも一部採集された．北緯28°から30°にかけては両型が重複して分布していた（松岡ら，1989；Fig. 4 左上）．

4～6月には，東シナ海中央部のホンメイタ型は北上傾向を示し，北緯30°以南の分布域が顕著に狭くなった．また，黄海域では分布域が中国側沿岸に偏る傾向がみられた．一方，バケメイタ型は大陸棚縁辺部に沿った北側でやや分布域が拡がったものの，東シナ海中央部では特に顕著な変化は認められなかった．その結果，ホンメイタ型との重複分布域は北緯29°～30°の一部に限られるようになった（Fig. 4 右上）．

5～7月には，東シナ海中央部のホンメイタ型は北緯30°～31°30′の間で多く採集され，30°以南にはごく僅かしか分布しなかった．バケメイタ型の分布域は4～6月とあまり変わらなかったため，両型の重複分布

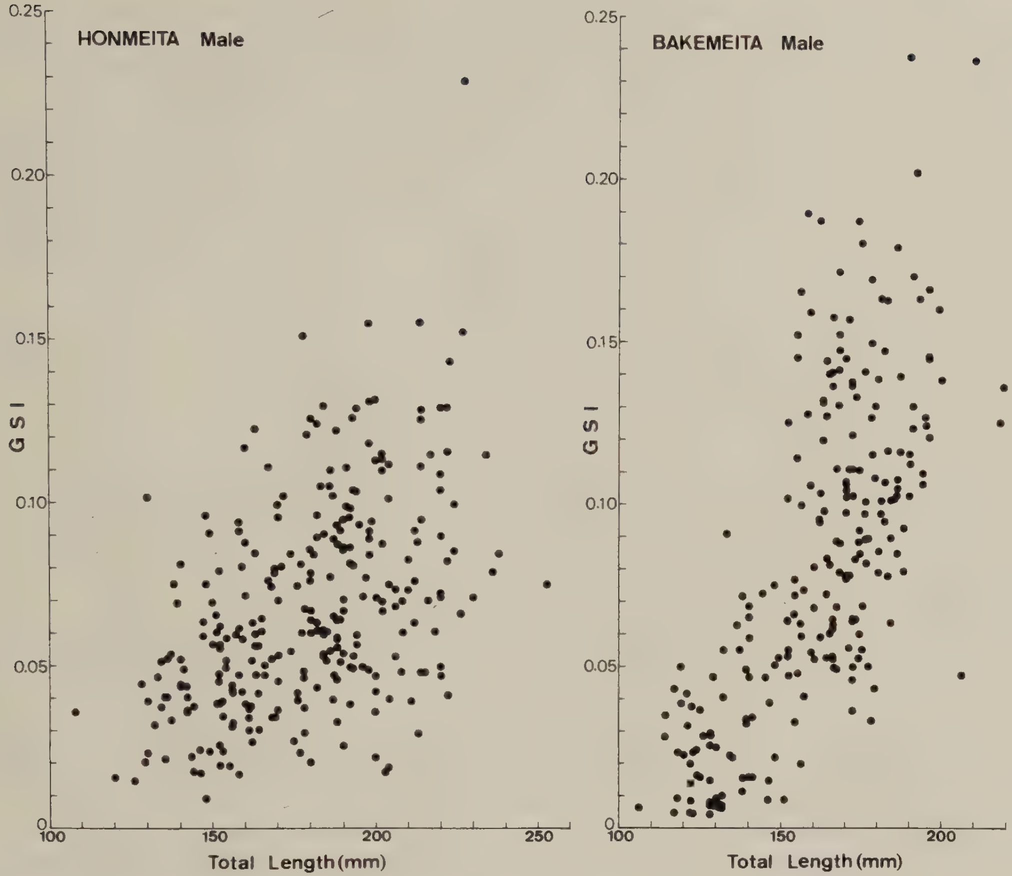


Fig. 3. Relationships between total length and male's GSI of the two types of frog flounder. Left: "Honmeita". Right: "Bakemeita".

域は極めて狭くなった（Fig. 4 左下）.

10～12月には，東シナ海中央部のホンメイタ型は顕著に南下傾向を示し，北緯 28°～30° の間にかなり多く分布した．その結果，バケメイタ型との重複分布域が拡がり，1～3月に似た分布様式を示すようになった（Fig. 4 右下）.

Fig. 5 は10～12月における採集地点の水深および底層水温と採集個体数の関係を示したものである．ホンメイタ型は水深24～140m，水温7.4～23.4℃の広い範囲で採集された．バケメイタ型は水深76～143m，水温16.0～19.9℃と比較的狭い範囲で採集された.

考　　察

渡辺ら（1996）は，紀伊水道海域におけるホンメイタ型の産卵期は11月中旬から1月上旬（盛期は11月下旬から12月下旬）であるのに対して，バケメイタ型の産卵期は1月中旬から5月上旬（盛期は2月下旬から3月）までで，両型の産卵期は隔離していると報告している．本研究では1月の標本が欠けているために正確な産卵期（特に初期）の推定はできなかったが，およそホンメイタ型で1月から3月中旬頃，バケメイタ型で2月から3月下旬と考えられた．従って，東シナ海ではホンメイタ型とバケメイタ型の産卵期は2月か

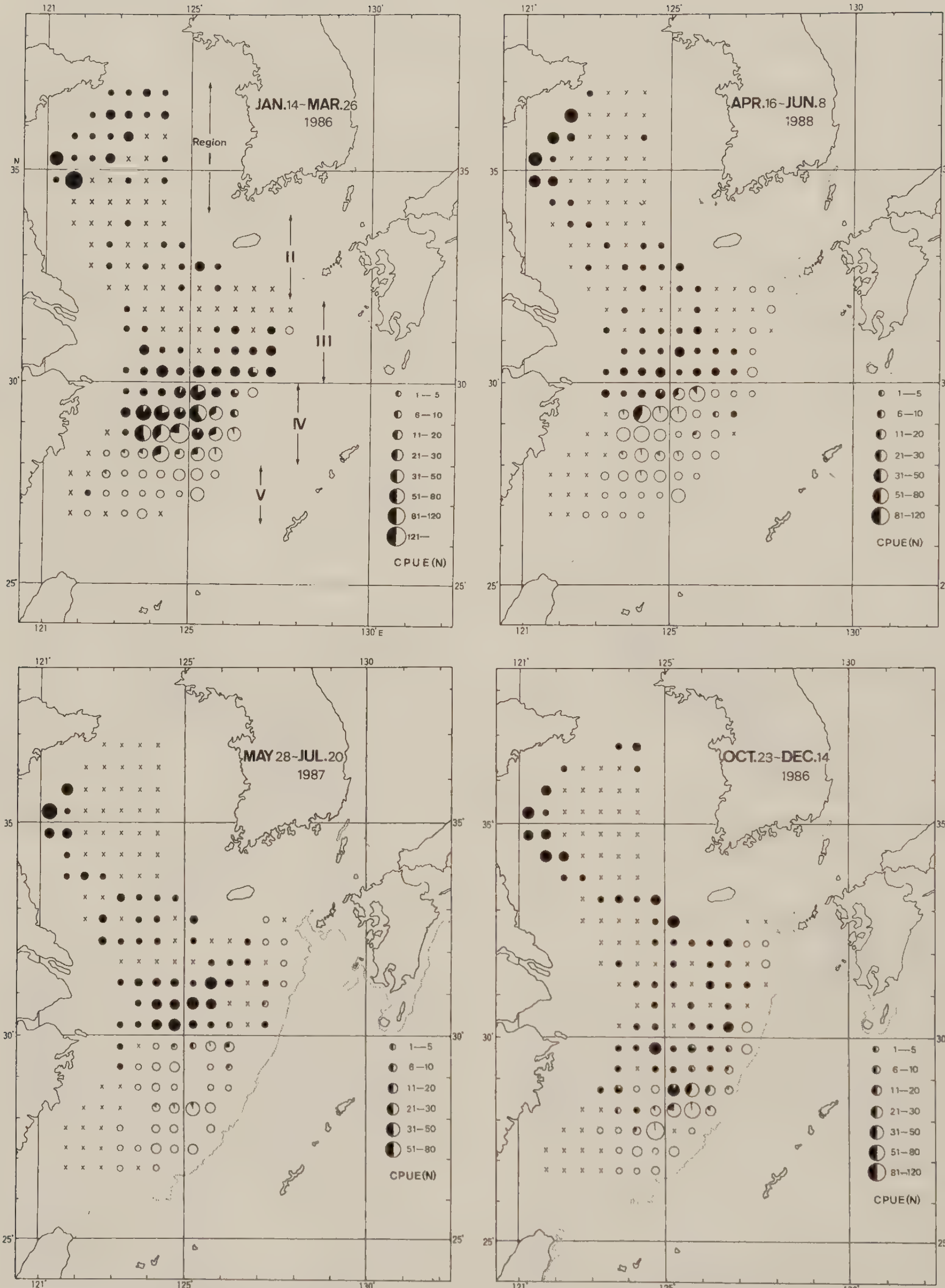


Fig. 4. Seasonal distribution of the two types of frog flounder. Left top: collected from January 14 to March 26, 1986. Right top: collected from April 16 to June 8, 1988. Left bottom: collected from May 28 to July 20, 1987. Right bottom: collected from October 23 to December 14, 1986. Solid circle, "Honmeita"; open circle, "Bakemeita"; cross, none collected. The size of circle is in proportion to the numbers of individuals per tow. In stations where both types were collected, the circle is divided proportionally.

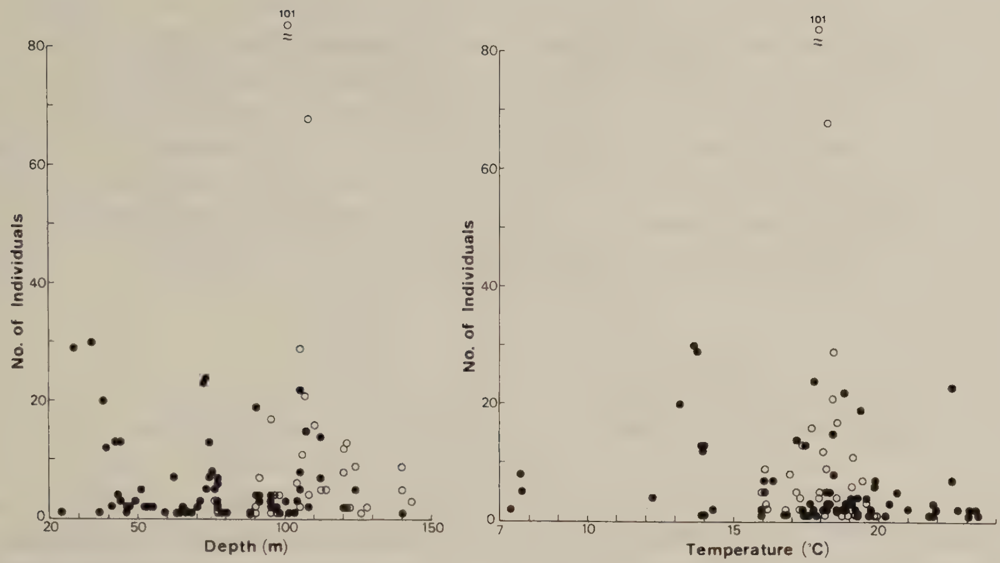


Fig. 5. Relationships between the number of individuals of the two types of frog flounder and depth at stations, and between the number of individuals and bottom temperature at stations. Left: depth. Right: temperature. Solid circle, "Honmeita"; open circle, "Bakemeita"

ら3月中旬にかけてかなり長期間重複しており，紀伊水道海域におけるような産卵期の隔離は認められなかった．

陳・大滝（1974）は東シナ海産のメイタガレイについて，成熟全長は雌でほぼ220mm，雄で200mmでいずれも3才と報告している．本研究ではホンメイタ型の雌の成熟全長は190mm，バケメイタ型の雌は150mmで，両型とも大部分が満2才で成熟すると考えられた．雄の成熟全長はあまり明瞭でないが，ホンメイタ型で180mm，バケメイタ型で150mmと推定され，雌と同様に大部分が満2才で成熟すると考えられた．本研究と陳・大滝（1974）の報告には成熟年令において1才の違いがあるが，後者では満1才の平均全長が小さく，その原因として1才魚の標本の中にバケメイタ型が含まれていた可能性が指摘されている（渡辺・上田，1990）．渡辺（1993）は，紀伊水道海域のホンメイタ型の雌の内190mm以上の個体はほとんど成熟しており，2才で大部分の個体が成熟するとしている．また，バケメイタ型ではGSIが1以上になった個体や熟卵を持った個体は全長170mm以上に多く，大部分は2才で成熟するとしている．以上の結果は本研究で得られた結果とほぼ同様であった．ただし，紀伊水道海域産の両型の成長は東シナ海産のものに比べてかなり早く，同じ2才魚でもその全長は相当異なる（松岡，1996）．

渡辺ら（1996）は紀伊水道海域においてはホンメイタ型の性比（雄/雌）は1.49～1.51で雄が多く，バケメイタ型では0.97～1.02で雌雄半々であることを報告した．東シナ海産メイタガレイ類の性比を検討したところ，ホンメイタ型で0.97，バケメイタ型で1.06と，両型ともほぼ雌雄半々であった．このように紀伊水道海域産のメイタガレイ2型と東シナ海産のものとでは，産卵期，成長，性比に顕著な相違点が認められる．従って，今後生息環境や系群の違い等の詳細な研究が必要であろう．

8月と9月を除くほぼ周年にわたる採集を行った結果，バケメイタ型は年中ほとんど移動・回遊をしないのに比べて，東シナ海中央部に分布するホンメイタ型は季節によって顕著に北上（春～夏）および南下（秋～冬）回遊を行うことが明らかとなった．その要因については不明であるが，その結果，秋から冬にかけては北緯28°～30°付近にかけて両型が重複して分布し，春から夏にかけては重複分布域が極めて狭くなった．紀伊水道海域産のメイタガレイ2型においても重複分布することが報告されているが（渡辺ら，1992），季節

変化については明らかにされていない．東シナ海産メイタガレイ2型が産卵期に重複分布し，しかも産卵期がかなり長期間重複するということは地理的隔離や産卵期のずれといった生殖的隔離機構がないということになる．松岡ら（1989）は両型が重複して分布する海域にやや紛らわしい斑点を備える個体が存在するとしているが，これまでのところ雑種の報告はない．また，渡辺ら（1996）は紀伊水道海域では両型間の交雑種は生息していないと推定している．東シナ海産メイタガレイ2型間の遺伝的距離（D値）は0.9243と高く，それぞれが明瞭な種であることが示唆されている（松岡ら，1989）．従って，産卵期に同所的に分布しても雑種を生じないような何らかの生態的あるいは生理的機構が存在するのではないかと考えられる．この点についても，今後検討されるべき重要な課題であろう．

文献

陳　哲聡・大滝英夫　1974：東シナ海・黄海産メイタガレイの資源生物学的研究．西水研研報，(46)，1-20.

松岡正信　1996：東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究―II．年令と成長．西水研研報，(74)，47-54.

松岡正信・谷口順彦・藤田　矗・北島忠弘・時村宗春　1989：東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究―I．分布，形態及び遺伝的差異．西水研研報，(67)，23-36.

渡辺健一　1993：日本産メイタガレイ2同胞種の遺伝学的，生態学的，形態学的分化に関する研究．博士学位論文，東京大学，pp. 135.

渡辺健一・上田幸男　1990：播磨灘産メイタガレイの成長．水産増殖，38(2)，191-197.

渡辺健一・玉井恭一・沼知健一　1992：紀伊水道および水道外海域におけるメイタガレイ属2型（ホンメイタとバケメイタ）の食性と分布．日水誌，58(12)，2253-2260.

渡辺健一・沼知健一・城　泰彦・上田幸男　1996：紀伊水道海域のメイタガレイ2型（ホンメイタとバケメイタ）の成熟，産卵および性比．日水誌，62(1)，17-22.

西水研研報　第74号　平成８年10月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 74 October 1996

長崎港近海におけるマイワシ採集卵数の短期変動

松　岡　正　信*

Short Term Variations in the Number of Japanese Sardine Eggs Collected from the Adjoining Area of Nagasaki Harbor

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

Short term variations in the number of collected eggs of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, were investigated in the adjoining area of Nagasaki Harbor. Sardine eggs were collected at the nine stations by plankton net at intervals of one to nine days. At two stations, samplings were carried out every other hour during the nighttime. The total number of sardine eggs collected at the nine stations varied from 2,259 to 4,655/haul in the three days in 1988. Variation in the number of eggs sampled over seven days in 1989 was approximately 5.1 times from a minimum of 1,919 to a maximum of 9,781 eggs/100㎥. The number of sardine eggs collected every other hour varied 2.3 times from 148 to 344/100㎥ at one station and 6.6 times from 11 to 72/100㎥ at the other station. The maximum variation of sardine egg numbers collected at the nine stations was 11.7～20.4 times in the three days in 1988 and 5.4～33.8 times in the seven days in 1989. This result indicates that the number of sardine eggs collected by plankton net changes considerably during short time periods and between adjacent stations, and that the total egg production calculated from spawning survey data may include wide variations.

平成８年８月26日受理（Received August 26, 1996）
西海区水産研究所業績537号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 537）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

はじめに

浮魚類の資源量推定法のひとつとして"卵数法"がある．これは産卵調査（卵・稚仔魚の分布様式や分布量を知るための調査）の結果から総産卵量を推定し，さらに親魚資源量を推定する方法である（渡部，1983）．しかし，プランクトンネットによる卵仔魚の採集量は短時間内の反復採集においてもかなり変動が大きく，その信頼性についてこれまでも問題にされてきた（伊東，1958；上野，1983）．また，定型的な産卵調査は月に1回行われることが多く，産卵期間中に1日，数日，または1週間程度の単位で採集卵数がどのように変化するのかについてはほとんど知見がない．採集卵数がこれらの単位で変動する場合には，産卵調査日の違いによって総産卵量の計算結果が大きく影響されることになる．また，対象生物の不均一分布が採集量変動に強く影響すると推定されているが（伊東，1958），近接した地点における採集卵数の違いについて調べられた例はマイワシ *Sardinops melanostictus* についてはほとんどない．近接した地点間で採集卵数が大きく異なるとすれば，定点の位置選択も総産卵量の推定値に強く影響すると考えられる．

松岡・三谷（1989）は西海区水産研究所に近い海域でマイワシ卵が比較的容易にかなり多数採集されることを報告した．そこで，本研究では，2マイル間隔に配置した9定点において1時間～1週間程度の単位でネット曳網を繰り返し，マイワシ採集卵数がどの程度変動するのかを明らかにしようとした．

本研究を行うにあたり，西海区水産研究所資源管理部三谷卓美研究員（現在，南西海区水産研究所外海浮魚資源研究室長）および長崎市深堀漁協所属「信丸」の江上信夫船長にはマイワシ卵仔魚の採集にご協力いただいた．また，当所資源管理部村田　守部長および浮魚資源生態研究室小西芳信室長には本論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して深く感謝の意を表する．

方法

小型漁船（7.4トン）を用船し、プランクトンネット曳網によってマイワシ卵仔魚を採集した．1988年には3月14，19および28日に Fig. 1 に示した9定点において，口径 57cmのネットの5分間表層水平びき（速度約2.3ノット）を行った．採集時刻はほぼ8時30分から12時30分の間であった．

1989年には3月13，15，17，20，22，25および27日に，同じ9定点において改良型ノルパックネット（口径 45cm）の海底上3mから表面までの鉛直びきを行った．各定点における水深は 60～79mであり，採集時刻はほぼ11時30分から15時30分の間であった．

1990年には，同一定点において夜間の連続採集を行った．3月17～18日に定点⑤において19時～5時まで1時間おきに改良型ノルパックネットの鉛直びきを行った．また，3月25～26日に定点①において18時～5時まで1時間おきに同ネットの鉛直びきを各2回行った．

なお，濾水計は 1989および1990年の改良型ノルパックネットにのみ装着した．従って，卵仔魚の採集数は1988年には一曳網当たり，1989および1990年には濾水量100m³ 当たりで表した．

採集物は，曳網後直ちに10%ホルマリンで固定して研究室に持ち帰った後，マイワシ卵仔魚を選別し，計数した．卵の発育段階は中井（1962）に従い，A，B，C の各 stage に分けた．

結果

1988年には3日間の採集を行い，最多の3月14日で9定点の合計卵数（各一曳網当たり）4,655粒，最少の19日で2,259粒と約2倍の差があった．C stage の卵は14日にはわずか7粒しか採集されず，28日に比較的

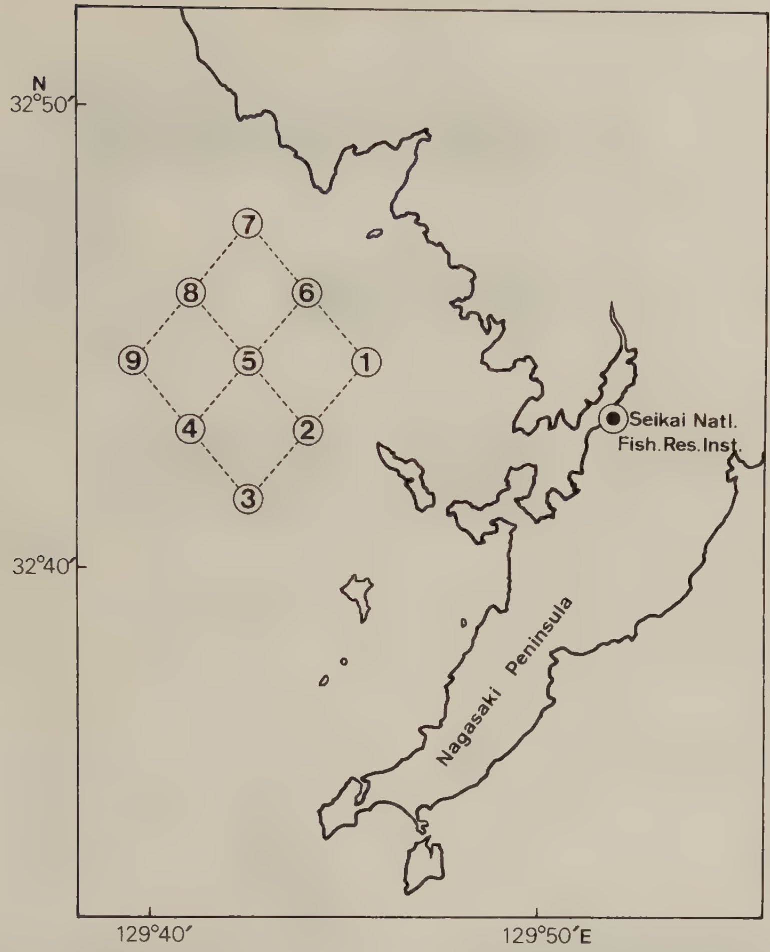


Fig. 1. Sampling stations (surrounded by circles) of Japanese sardine eggs and larvae.

多く採集された．14日の表面水温は3日間中最も高く（16.9～17.3℃），C stage の卵は採集前にほとんどふ化していた可能性がある．一方，採集仔魚数は14日に305，19日に642，28日に1,928個体と後の採集日ほど多く採集された．14日と28日では約6.2倍の差があった（Fig. 2）．

採集卵数を各定点別にみると，14日は定点①で最も多く（1,472粒），定点⑨で最も少なく（126粒），約11.7倍の差があった．定点②から⑧は233～538粒であった．19日には定点⑥で最も多く（585粒），定点③で最も少なく（36粒），約16.3倍の差があった．定点③の他に，定点②および④でも採集卵数は少なかった．28日には定点②で最も多く（1,368粒），定点⑦で最も少なく（67粒），その差は約20.4倍であった．定点②の他に定点①でも採集数は多かった（Fig. 3）．

1989年には2～3日おきに7日間採集を行った結果，前の3日間で採集卵数が多く（3月13，15，17日は濾水量100㎥当たり6,195～9,781粒），後の4日間では少ない傾向が認められた（20，22，25，27日は1,919～2,704粒）．最多の17日と最少の25日では約5.1倍の差があった．仔魚についてもほぼ同様の傾向が認められ，13，15，17日は833～1,060個体，20，22，25，27日は40～232個体であった．最多の17日と最少の27日では約26.3倍の差があった（Fig. 4）．

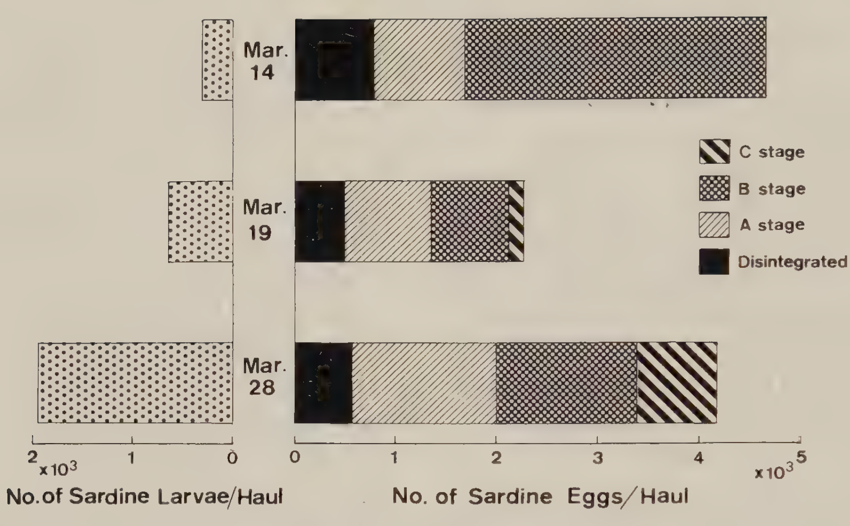


Fig. 2. Total number of Japanese sardine eggs and larvae collected at nine stations in three days in March 1988.

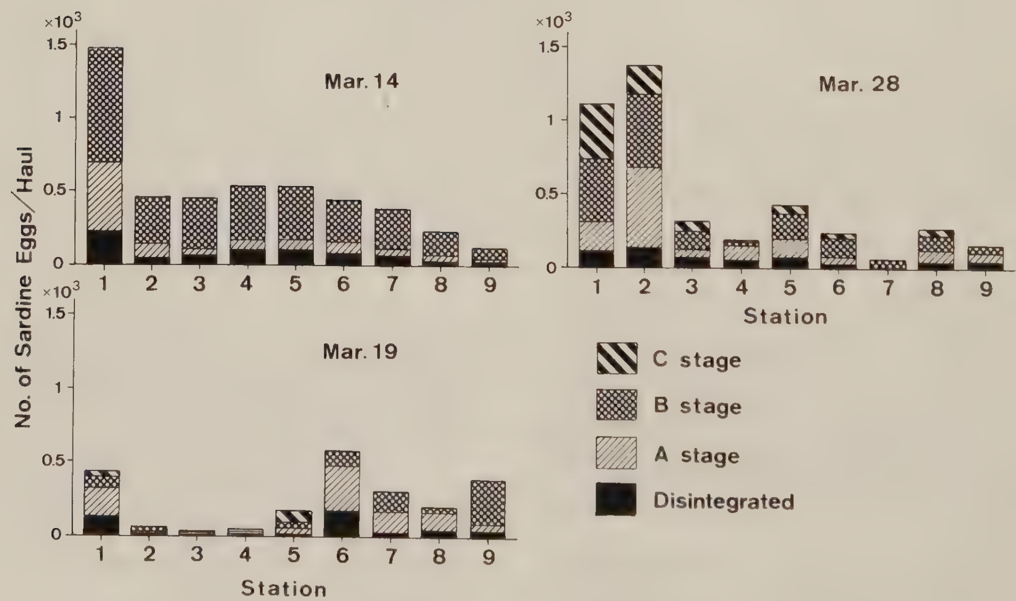


Fig. 3. Individual number of Japanese sardine eggs collected at nine stations in three days in March 1988.

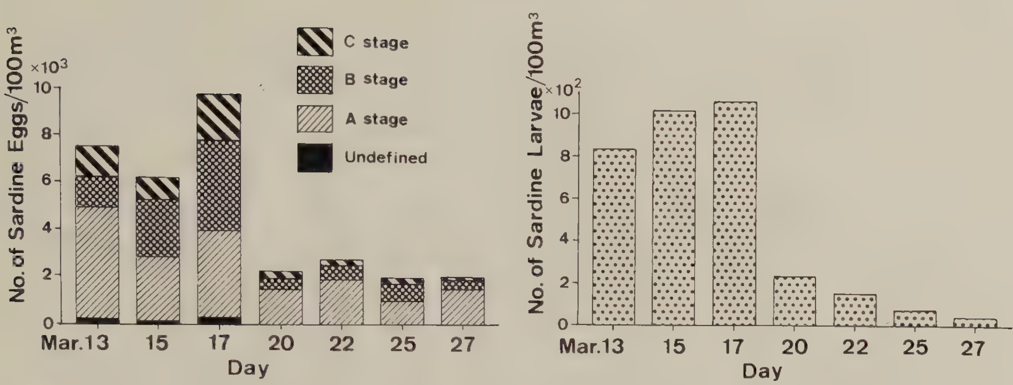


Fig. 4. Total number of Japanese sardine eggs and larvae collected at nine stations in seven days in March 1989.

採集卵数を定点別にみると，13日は定点⑧で最も多く（2,536粒），定点①で最も少なく（306粒），約8.3倍の差があった．定点④および⑥では比較的多く，1,000粒以上採集された．15日は特に顕著に採集卵数の多い定点はなかったが，その中で定点⑤で最も多く（995粒），定点①で最も少なく（126粒），約7.9倍の差があった．17日は定点①（2,222粒）と②（1,921粒）で多く採集され，定点⑨で最も少なかった（318粒）．定点①と⑨では約7倍の差があった．20日は最多の定点②（363粒）と最少の定点⑥（44粒）の間に約8.3倍の差があった．その他の定点では111～356粒であった．22日は定点①（727粒）と②（519粒）で多く，最多の定点①と最少の定点④（134粒）の間に約5.4倍の差があった．25日は最多の定点①（587粒）と最少の定点⑦（61粒）の間に約9.6倍の差があった．その他の定点では76～331粒であった．27日は定点①（879粒）と⑥（419粒）で多く，他の定点では171粒以下と極めて少なかった．最多の定点①と最少の定点③（26粒）の間に約33.8倍の差があった（Fig. 5）．

1990年には同一定点において夜間の1時間おき連続採集を行った結果，3月17～18日には0時に最も多く（濾水量100㎥当たり344粒），4時に最も少なく（148粒），約2.3倍の差があった（Fig. 6）．25～26日には採集卵数が少なかったため各2回の曳網を行った．その結果，18時に最も多く（72粒），5時に最も少なく（11粒），約6.6倍の差があった（Fig. 7）．何れの場合も，夜半以降C stage の卵が減少する傾向にあったが，これはふ化によるものと考えられる．また，マイワシの産卵は前夜半に行われることが知られているが（松岡ら，1991；森本，1993），産卵直後である卵膜こう挙前の卵や卵割初期の卵は全く採集されなかった．

考　　察

1988および1989年の昼間の調査では，ほとんどの場合A，B，Cの3 stage の卵が採集された．このうちA stage (Ab–c) (Nakai，1962) の卵は前日の夜に産卵されたものと考えられる．ところが，1990年の定点⑤および①における夜間の1時間おき連続採集では，産卵直後である卵膜こう挙前の卵や卵割初期の卵は全く認められなかった．この理由については二つの可能性が考えられる．一つはそれらの調査日に限って定点付近で産卵が行われなかったか，二つは調査区域が産卵場ではなく，卵は他の海域から拡散または輸送されてくるというものである．一つ目の可能性については，1989年の調査で7日間のいずれも3 stage の卵が採集されていることから，1990年の2日間とも全く産卵が行われなかったとは考えにくい．従って，二つ目の可能性の方がより妥当ではないかと考えられる．なお，午前8時30分（1988年）および11時30分（1989年）には調査区域内でA stage（Ab–c）の卵が採集されることから，産卵海域はごく近くであろうと推定され

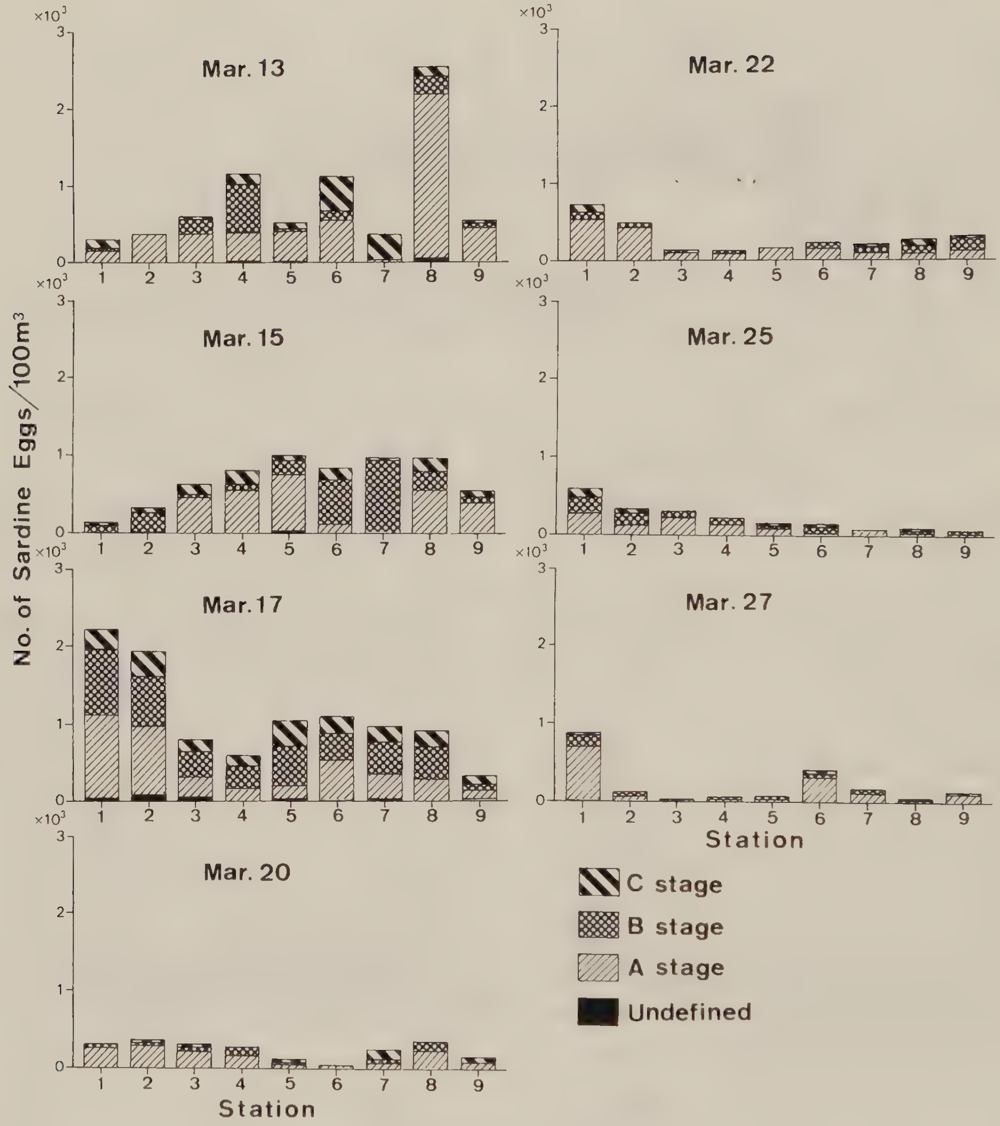


Fig. 5. Individual number of Japanese sardine eggs collected at nine stations in seven days in March 1989.

る．中村（1990）によると，五島灘では半時計回りの環流が示唆されている．このことから，産出された卵は南西方向から調査区域に輸送されてくるものと考えられる．

各調査日の9定点合計の採集卵数は，1988年には最大と最小間で約2倍，1989年は5.1倍の差があった．後者の場合，前の3日間で多く，後の4日間で少ない傾向が明瞭に認められた．この結果からみる限り，1989年は調査日以降マイワシの産卵が急速に終了に向かったのではないかという可能性も考えられられる．しかし，西海区水産研究所および西海ブロックの各県水産試験場が行った同時期の産卵調査結果から，本調査海域を含む緯経度30分桝目の小海区（北緯 32°30′～33°，東経 129°30′～130°）における産卵量は3月に14.5×

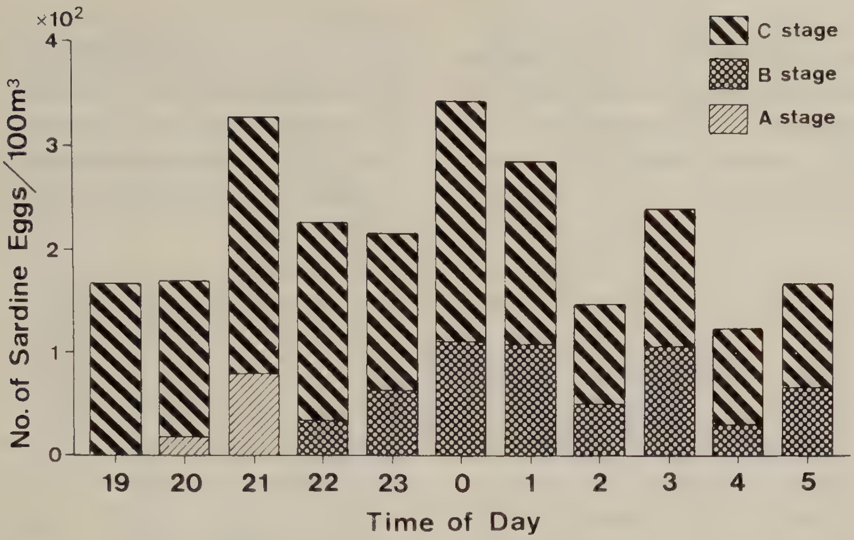


Fig. 6. Number of Japanese sardine eggs collected at station ⑤ from 19：00 to 5：00 in 17–18 March 1990.

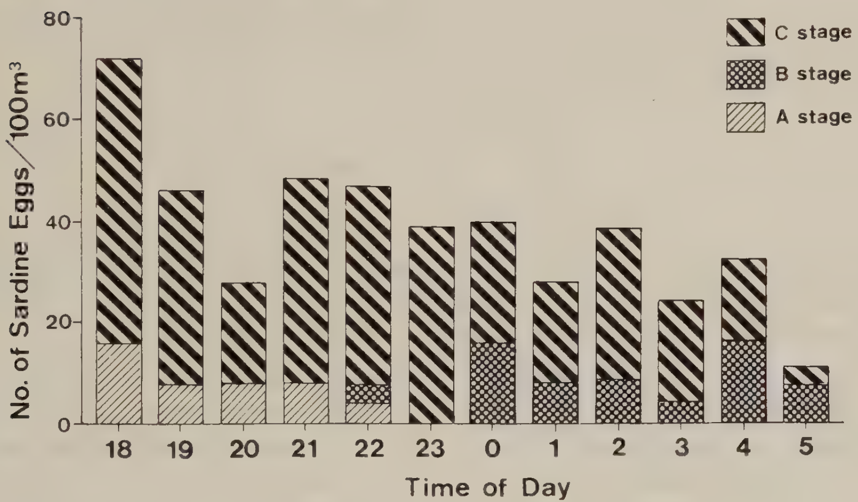


Fig. 7. Number of Japanese sardine eggs collected at station ① from 18：00 to 5：00 in 25–26 March 1990.

10^{12} 粒，4月に4.57×10^{12} 粒と算出され（未発表），4月にも引き続いて当海域で産卵が行われていた．また，前年の1988年3月28日にも多くの卵が採集されていた（Fig. 2）．従って，1989年3月13～17日の3日間と同20～27日の4日間の差は産卵盛期内の産卵量の違いを反映していると考えられ，少なくとも1週間程度は産卵量の多い日や少ない日が続く可能性が示唆される．高尾（1990）は産卵回数の多いカタクチイワシにおいて，産卵量は日により大きく増減することを飼育実験によって明らかにした．マイワシの産卵回数について定説はないが，2回以上産卵し得ることが示唆されている（松原，1991）．また，松岡（1994）は天然親

魚の吸水卵および排卵後濾胞の観察から，4～6日の平均的産卵周期を算出している．このように産卵回数が少なく，産卵周期も比較的長いと推定されるマイワシにおいては，産卵量の日による増減は容易に考えられる．採集仔魚数は1988年には最大と最小で6.2倍，1989年には26.3倍と卵よりはるかに大きな差があった．伊東（1958）はイワシ類の稚仔は卵よりはるかに不均一な分布を示すとしており，日々の産卵量の増減に不均一な分布が加わってより大きな差がでると考えられる．

採集卵数の定点間における差の最大値は，1988年は11.7～20.4倍，1989年は5.4～33.8倍（多くは5.4～9.6倍）であった．1988年は定点①または②の長崎港寄りの沿岸域で多く採集される傾向があった（Fig. 3）．一方，1989年は調査日により卵の分布様式は大きく異なっていた（Fig. 5）．Matsushita *et al.*（1982）はカタクチイワシの卵はパッチ状に集中して分布することを報告した．また，Smith *et al.*（1985）によると，産出されたカタクチイワシ卵の水平方向のパッチには，親魚の　1）産卵行動（数mから数十m），2）集群性（数百m～数千m），3）群どうしが互いに集中しようとする性質（数km～数十km）が関与しているという．これを今回の2マイル間隔に配置した定点間における卵の採集数差に当てはめると，2）集群性と3）群どうしの集中が最も影響を与えているのではないかと考えられる．また，この調査海域に卵が輸送されてくることを考慮すると，流れの特徴や変化も大きく関与していると考えられる．

今回の調査結果では，採集卵数の半日以内の差は最大で2.3または6.6倍，日間の差は最大で2または5.1倍であった．一方，定点間の差は最大で33.8倍と上述の経時差を大きく上回った．ごく沿岸で行われたこの結果を直接に通常の産卵調査に当てはめることはできないだろうが，産卵調査結果から算出される産卵量はかなりの変動幅をもった値であることを示唆していると思われる．従って，より精度の高い産卵量を求めるためには，産卵期を十分にカバーし，できるだけ頻度の高い（反復調査等）採集調査日を設定することと，産卵量の計算上の単位となる小海区内（通常，緯経度30分桝目）で複数回（数回以上）の曳網を行う必要があろう．

文　　献

伊東祐方　1958：プランクトン・ネットよる卵・稚仔採集量の信頼性．日水研年報，(4)，33–41．

松原孝博　1991：成熟・産卵リズム―9．マイワシ．「海産魚の産卵・成熟リズム」(廣瀬慶二編)，水産学シリーズ85，113–124，恒星社厚生閣，東京．

松岡正信　1994：天草西沖で採集されたマイワシにおける排卵後濾胞の消失過程と産卵周期．平成6年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 120．

松岡正信・三谷卓美　1989：長崎港近海で採集されたマイワシ卵のふ化・飼育（予報）．西水研研報，(67)，15–22．

松岡正信・中村保昭・宮地邦明・呉　蓉・劉　紅斌　1991：薩南海域におけるマイワシ及びカタクチイワシの産卵時刻．平成3年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p. 32．

Matsushita, K., M. Shimizu and Y. Nose　1982 : Micro-distribution of anchovy eggs and larvae in Sagami Bay. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48(3), 355–362.

森本晴之　1993：土佐湾のマイワシにおける卵母細胞の吸水完了および産卵開始時刻．日水誌，59(1)，7–14．

Nakai, Z.　1962 : Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanrse sardine, *Sardinops melanosticta* (Temmink & Schlegel). Japan. J. Ichthyol., 9(1–6), 1–115.

中村保昭　1990：五島列島周辺海域―II．物理．「続・日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)，685–709，東海大学出版会，東京．

Smith, P. E., W. Flerx and R. P. Hewitt　1985 : The CalCOFI vertical egg tow (CalVET) net. In "An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish : Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*" (ed. by R. Lasker),

27–32, U.S. Dep. Commer., N0AA Tech. Rep. NMFS 36.
高尾亀次　1990：飼育下におけるカタクチイワシの産卵数について．南西水研研報，(23)，53–62.
上野正博　1983：卵稚仔定量採集方法の相互検定.「水産資源の解析と評価．その手法と適用例」(石井丈夫編)，水産学シリーズ 46，130–140，恒星社厚生閣，東京.
渡部泰輔　1983：卵数法.「水産資源の解析と評価．その手法と適用例」(石井丈夫編)，水産学シリーズ 46，9–29，恒星社厚生閣，東京.

東シナ海・黄海で実施した標識放流結果からみたトラフグの回遊生態

田川　勝*・伊藤　正木**

Migration of Ocellate Puffer, *Takifugu rubripes*, based on Tagging Experiments in the East China Sea and the Yellow Sea

Masaru Tagawa* and Masaki Ito**

ABSTRACT

Tagging experiments were performed during the period from 1989 to 1991 to elucidate the migration of the ocellate puffer, *Takifugu rubripes*, in the East China Sea and the Yellow Sea. A total number of 303 tagged puffers were released in four tagging experiments conducted in the Yellow Sea off the Korea peninsula, in the East China Sea off Cheju Island, and in the south-western areas off Tsushima Island, and 31 fishes were recaptured (recapture rate 10.2%).

Tagged fish released in the East China Sea and Yellow Sea were recaptured mostly in the coastal and adjacent waters extending from the northwest to the north of Kyushu. Recapture was obtained also in the Seto Inland Sea and in the coastal waters of San-in and Hokuriku, in the Japan Sea area. The period of recapture was from March to June, when this species spawns. The location of recapture was very close to the spawning ground.

The results of recapture of the tagged fish as well as the previous finding indicate that the adult ocellate puffers distributed in the Yellow Sea and East China Sea during the autumn to winter migrate to in coastal areas in western Japan for spawning during the spring season from March to June. After the spawning, the fish seem to migrate again to the East China Sea and the Yellow Sea, and even to the Gulf of Pohai.

平成8年9月10日受理（Recieved September 10, 1996）
西海区水産研究所業績第538号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 538）
*元西海区水産研究所
**西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi Nagaski 850, Japan）

は じ め に

トラフグ *Takifugu rubripes* は，北海道から鹿児島に至る日本海側と太平洋側の日本各地沿岸及び大陸側のウラジオストックから朝鮮半島，中国大陸沿岸を経て台湾に至る日本海，渤海湾，黄海，東シナ海に分布していることが知られている（多部田，1986）．本種はテトロドトキシンをもつ有毒魚で，肝臓と卵巣には強毒，腸には弱毒があるが，筋肉と精巣及び皮は無毒であり（厚生省生活衛生局乳肉衛生課，1984；藤田，1988；加納，1988；清水，1989），我が国ではふぐ料理の高級素材として珍重され，高価であることから漁業の対象として重要魚種の一つとなっている．本種は延縄，一本釣り，定置網，袋待網及び小型底びき網等で漁獲され，主分布域と考えられる東シナ海・黄海及び九州北部沿岸では延縄漁業の重要な対象魚種となっている．

フグ延縄漁船の黄海漁場への進出は1965年前後であり（下村・浜田，1969；山口県・福岡県，1986；中野，1989），黄海漁場への出漁によってカラス *T. chinensis* をはじめとするフグ類の水揚量は急激に増大した．同時に，底延縄ではトラフグの大型魚が獲れることがわかり（中野，1989），本種を対象とした操業が行われるようになった1970年頃からトラフグの水揚量が増加しはじめた．

我が国有数のフグ類集散基地である南風泊市場（山口県下関市）に水揚げされたトラフグのうち，東シナ海・黄海，九州〜山陰沿岸等の外海漁場で漁獲されたトラフグ水揚量の推移をみると，1970年には130トンに過ぎなかったものが，1971年から急増して1975年には970トンを記録した．その後，水揚量は増減を繰り返しながら1989年までの約20年間は500〜800トンの間で変動しながら推移した．しかし，その後は急減して1991年には400トン以下に減少している．このような水揚量の減少は，資源状態の悪化を反映しているものと危惧されることから，西海区水産研究所はトラフグの資源解析に必要な生物特性に関する知見の充実を図るため，新たに調査研究に着手した．その一環として1989年から1991年にかけて4次にわたる標識放流調査を実施した．この報告は黄海及び東シナ海で行った標識放流の結果に基づき，トラフグの回遊生態について検討したものである．

方 法

調査は山口県萩市の萩越ケ浜漁業協同組合所属フグ延縄船・長州丸（55トン，船主・船長の井町隼人氏ほか7名乗組）に便乗して実施した．

標識放流に用いたトラフグは，長州丸が漁獲したものの中から魚体の大きさや活力等をみて選出した．選出したトラフグは体長と体重を計測した後，所定の部位に標識を取りつけた．使用した標識は背骨・ディスク型で，ディスクは厚さ1㎜，径12㎜の黄色プラスチック製である．標識の取り付け位置は，第1次調査では背鰭後方の尾柄部に表皮と筋肉を貫通させて取付けたが，この部位では標識の取付けによる損傷が大きく，魚体に与える影響が大きいと考えられたので，第2次調査以降は背鰭第4〜6軟条の鰭条間基底部に取付けた（Fig. 1）．標識を付けた個体は，原則として一旦生簀に活かしておき，揚縄終了後にまとめて放流した．4次にわたる標識放流調査の概要は，Table 1 に示す通りである．

第1次調査は1989年10月27日から1989年11月16日まで，朝鮮半島西岸沖合の於青島に近い黄海の農林漁区97，98，89区付近で57尾の標識放流を行った．第2次調査は1990年2月12〜25日，東シナ海の済州島南部の農林漁区266，267，276区及び対馬南西の223区で総数44尾を放流した．第3次調査は1990年9月3〜19日で，第1次調査と同じ黄海の農林漁区88及び98区で102尾を放流した．第4次調査は1991年9月2〜22日で，第1次及び第3次調査と同じ黄海の農林漁区88，89及び98区で100尾を放流した．以上のように，第1〜4次の調査でトラフグ303個体の標識放流を行った．放流したトラフグの全長組成を調査次別に示したのが Fig. 2 である．第1次調査と2次調査で放流した標識魚は個体数が少ないので，体長分布のモードは不明瞭ではあるがやや似ており，いずれも全長49㎝に山が

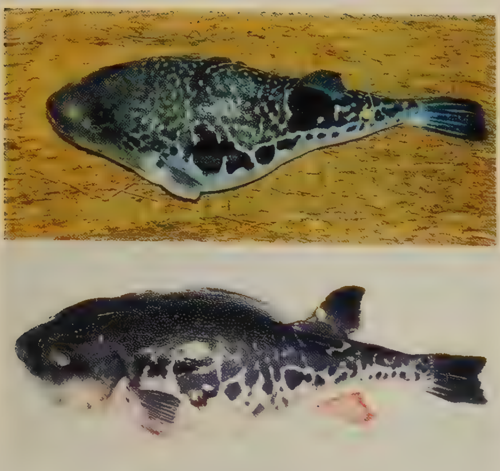


Fig. 1. Tagged ocellate puffer
Above: A case of tagging penetrating the skin and muscle on dorsal side of behind the dorsal fin.
Below: A case of tagging in the basal region of the dorsal fin.

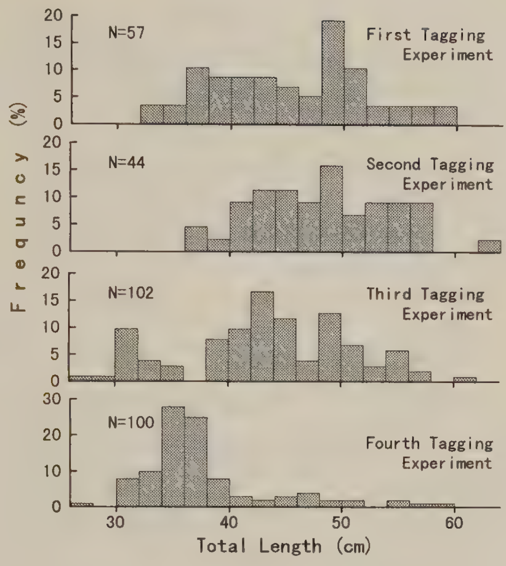


Fig. 2. Frequency distributions of total length of tagged ocellate puffer.

Table 1. Outline of tagging experiments of ocellate puffer.

Date of release			Area of release	Number of released fishes	Range of total length of released fishes
First tagging experiment					
27–28	Oct.	1989	The Yellow Sea (97–5～8)	9	34–50cm
29	Oct.–1 Nov.	1989	The Yellow Sea (98–4, 5)	26	35–60
4–16	Nov.	1989	The Yellow Sea (89–7, 8)	22	33–47
				Total 57	33–60
Second tagging experiment					
12–15	Feb.	1990	The East China Sea (266–1, 3)	25	43–63
15	Feb.	1990	The East China Sea (267–4)	4	42–50
15–22	Feb.	1990	The East China Sea (276–3, 4)	9	37–57
25	Feb.	1990	The East China Sea (223–7)	6	38–52
				Total 44	37–63
Third tagging experiment					
3– 7	Sep.	1990	The Yellow Sea (88–1, 8, 9)	31	30–55
4–17	Sep.	1990	The Yellow Sea (88–1, 2, 9)	71	29–61
				Total 102	29–61
Fourth tagging experiment					
3– 7	Sep.	1991	The Yellow Sea (88–8, 9)	24	31–55
3–10	Sep.	1991	The Yellow Sea (89–4, 5, 7)	66	30–58
3–21	Sep.	1991	The Yellow Sea (98–2)	10	27–59
				Total 100	27–59

Numbers in ( ) of column of "Area of release" indicate Area No. of official blocks settled by Fisheries Agency of Japan.

みられる．第3次調査のそれは概観して2つの山があり，第1の山は全長31cm，第2の山は全長41cm付近にみられる．これを第1，2次調査と比較すると小型魚の割合がやや多くなっている．第4次調査では，全長35cmに山がみられ，第1～3次調査に比べ相対的に小型魚に偏っている．これは特に小型魚を選んで放流したものではないので，ほぼ漁獲物の体長組成を反映しているものと考えられる．

本種の成熟体長は，雄で全長38cm，雌で48cmとされており（岩政，1988），第1～3次調査は成魚が主体，第4次調査では未成魚が主体となっている．

なお，標識放流の実施に当たっては，標識の脱落の有無，標識装着による魚体への影響等について事前に検討しておくことが望ましいが，この調査では標本の入手が困難であること，実験設備が整っていないこと等の事情から実施できなかった．

結　果

標識放流したトラフグの再捕状況を調査次別にTable 2 に，また再捕された標識魚の放流位置と再捕位置を Fig. 3 に示した．なお第1次調査と第2次調査の結果については，既にその一部を報告したが（田川ら，1991），その後も再捕報告があったので，再度第1～2次調査の結果を合わせて検討する．標識放流魚再捕の概要を調査次別に述べると，以下の通りである．

第1次調査では，前項で述べたように朝鮮半島西岸沖合の於青島に近い黄海でトラフグ57個体を放流，現在までに7個体（再捕率12.3%）の再捕報告を得ている．再捕された7個体の放流から再捕までの経過日数と再捕位置をみると，放流から23日経過後に放流地点から南へ約130km の位置（農林漁区89-9区）で1個体（Table 1 の No. 1），133～152日経過後の3月に九州西北部の長崎県沿岸から九州北部の福岡県沿岸を経て山口県西部沿岸に至る海域（以下"九州北部海域"とする）で3個体（No. 2, 3, 6），192日経過後の5月に朝鮮半島南部の東岸で1個体（No. 5），451日経過後の1月下旬に対馬東方の農林漁区201区で1個体（No. 7），521日経過後の4月に瀬戸内海の周防灘・福岡県の宇島地先で1個体（No. 4）が，それぞれ再捕されている．

第2次調査では東シナ海の済州島南部の農林漁区266，267，276区と対馬南西海域（223区）で44個体のトラフグを放流，これまでに4個体（再捕率9.1%）の再捕報告を得ている．再捕魚4個体の放流から再捕までの経過日数と再捕位置をみると，放流から352日経過後の2月に長崎県生月島北西部の農林漁区214-8区で1個体（No. 8），79日経過後の5月に瀬戸内海の広島県百貫島地先で1個体（No. 9），96日経過後の5月に若狭湾の舞鶴市地先で1個体（No. 10），111日経過後の6月に九州北部海域の農林漁区991-1区で1個体（No. 11）が，それぞれ再捕されている．

3次調査では，第1次調査と同じく朝鮮半島西岸沖合の於青島に近い黄海で102個体を放流，これまでに11個体（再捕率10.8%）の再捕報告を得ている．再捕魚11個体の放流から再捕までの経過日数と再捕位置をみると，放流から12日経過後に放流地点に近い黄海で1個体（No. 17），86～208日経過後の12月と2～4月に対馬周辺を含む九州北部海域で6個体（No. 12, 15, 16, 18, 19, 20, 22），236日経過後の5月に瀬戸内海の香川県丸亀市の本島地先で1個体（No. 14），138日経過後の1月に東シナ海の済州島西方の農林漁区285-2区で1個体（No. 13），292日経過後の7月に黄海の農林漁区133-3区で中国の底びき網で1個体（No. 21）が，それぞれ再捕されている．

第4次調査では第1，3次調査と同じ黄海で100個体のトラフグを放流し，現在までに9個体（再捕率9.0%）の再捕報告を得ている．再捕された9個体の放流から再捕までの経過日数と再捕位置をみると，放流から136～227日経過後の2～4月に九州北部海域で4個体（No. 27, 28, 29, 31），551日経過後の1月下旬に九州北部海域で1個体（No. 25），552日経過後の3月に長崎県の生月島沿岸で1個体（No. 30），235日経過後の4月に福井県越前町地先で1個体（No. 24），659日経過後の7月に能登半島東岸の七尾市地先で1個体（No. 26），326日経過後の7月に黄海の石島沿岸で中国の底びき網により1個体（No. 23）が，それぞれ再捕されている．

黄海及び東シナ海で標識放流したトラフグの再捕状況は，以上の通りである．ここで，標識魚の再捕数を

Table 2. Recapture of tagged and released ocellate puffer by tagging experiment.

No.	Date of release	Date of recapture		Location of recapture	Lapse of days	Method of recapture
First tagging experiment (1989, The Yellow Sea)						
1	27 Oct.	19 Nov.	1989	The Yellow Sea (89–9)	23	Long line
2	27 Oct.	9 Mar.	1990	Between Hirado and Uku Is., Nagasaki pref. (214–5)	133	Long line
3	27 Oct.	28 Mar.	1990	Between Oronoshima and Oshima in Chikuzen sea	152	Long line
4	28 Oct.	2 Apr.	1991	Unoshima area, Suonada, Fukuoka pref. (956–4)	521	Beam net
5	29 Oct.	9 May	1990	East coast Korea peninsula, (709–9)	192	Set net
6	1 Nov.	17 Mar.	1990	Off north coast of Kyushu (982–8)	136	Long line
7	1 Nov.	26 Jan.	1991	Off east of Tsusima (201)	451	Long line
Second tagging experiment (1990, The East China Sea)						
8	15 Feb.	2 Feb.	1991	Off north west of Ikitsuki Is., Nagasaki pref. (214–8)	352	Long line
9	15 Feb.	5 May	1990	Hyakkanjima area, Hirosima pref., Seto Inland Sea	79	Set net
10	15 Feb.	22 May	1990	Tai area, Maizuru, Wakasa Bay	96	Set net
11	25 Feb.	16 June	1990	Off north coast of Kyushu (991–1)	111	Rhn*
Third tagging experiment (1990, The Yellow Sea)						
12	6 Sep.	4 Feb.	1991	Off east of Tsushima Is., The East China Sea (202)	151	Long line
13	8 Sep.	24 Jan.	1991	West of Cheju Is., The East China Sea (285–2)	138	Long line
14	8 Sep.	2 May	1991	South coast of Motoshima, Kagawa pref., Seto Inland Sea	236	Sack net
15	8 Sep.	25 Feb.	1991	Off north west of Ikitsuki Is., Nagasaki pref.	170	Long line
16	8 Sep.	5 Feb.	1991	Off east of Tsusima Is., Nagasaki pref.	150	Long line
17	8 Sep.	20 Sep.	1990	The Yellow Sea (98)	12	Long line
18	8 Sep.	8 Mar.	1991	Off north by north west of Oronoshima, Fukuoka pref. (203–1)	181	Long line
19	12 Sep.	7 Dec.	1990	Off west of Tsushima Is., (222)	86	Long line
20	12 Sep.	26 Mar.	1991	Gotonada, Off Osheto–machi, Nagasaki pref.	195	Long line
21	12 Sep.	1 July	1991	The Yellow Sea, (133–3)	292	Trawl
22	17 Sep.	18 Mar.	1991	Gotonada, Nagasaki pref. (215)	182	Long line
Fourth tagging experiment (1991, The Yellow Sea)						
23	3 Sep.	25 July	1992	The Yellow Sea, (147–7)	326	Trawl
24	4 Sep.	26 Apr.	1992	Coast of Komeno, Echizen–machi, Fukui pref.	235	Set net
25	4 Sep.	27 Jan.	1993	Off north of Kyushu, (991–4)	511	Long line
26	11 Sep.	1 July	1993	Coast of Sasanami, Nanao City, Ishikawa pref.	659	Set net
27	11 Sep.	2 Mar.	1992	Off Shijiki, Hirado Is., Nagasaki pref.	173	Long line
28	13 Sep.	27 Apr.	1992	East coast of Ikitsuki Is., Nagasaki pref. (214–1)	227	Set net
29	17 Sep.	27 Feb.	1992	Off north of Kyushu, (991)	163	Long line
30	17 Sep.	22 Mar.	1993	East coast of Ikitsuki Is., Nagasaki pref. (214–1)	552	Long line
31	18 Sep.	1 Feb.	1992	Off north of Kyushu, (near No. 991)	136	Long line

Numbers in ( ) of column of "Location of recapture" are same as shown in Table 1. *Round haul net.

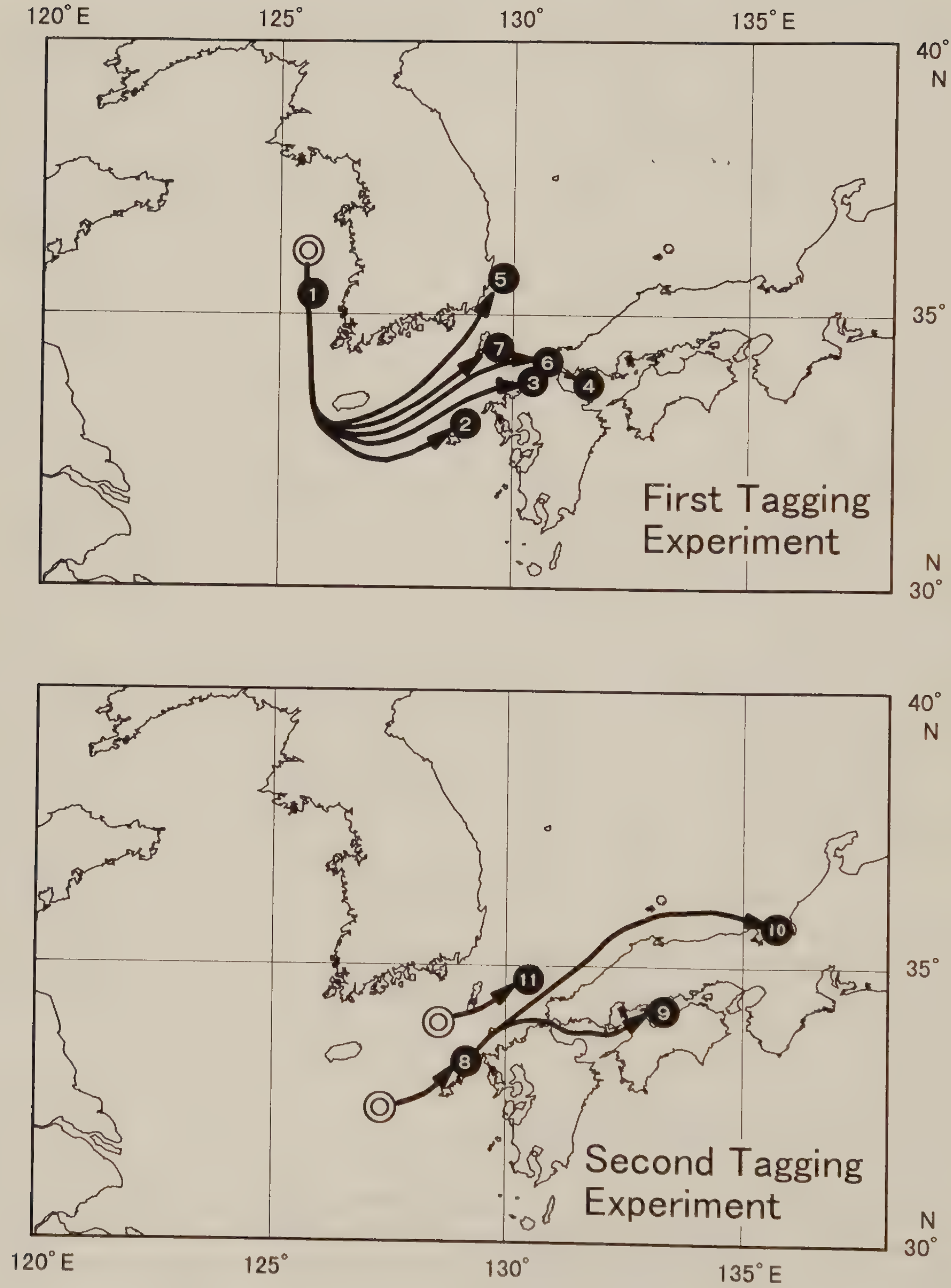


Fig. 3-1. Location of release and recaputure of ocellate puffer
◎ : Location of release
● : Location of recapture
(the figure in the circle indicate the number on Table 2)

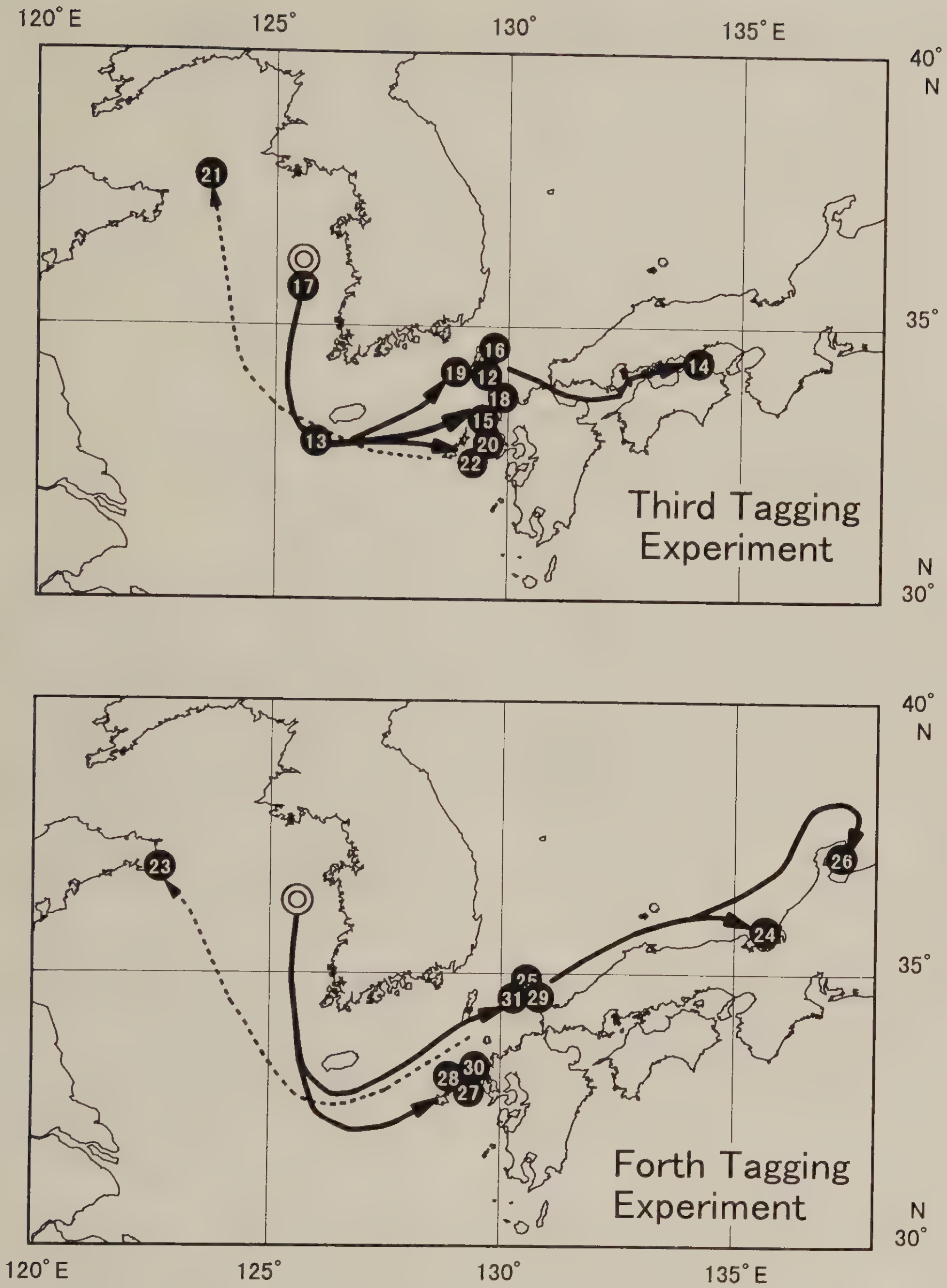


Fig. 3–2. Location of release and recaputure of ocellate puffer
◎ : Location of release
● : Location of recapture
(the figure in the circle indicate the number on Table 2)

Table 3. Number of recaptured tagged ocellate puffer by water area and month.

Water area＼Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	TOTAL	%
The Yellow Sea	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	4	12.9
The East China Sea	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	3.2
Coastal area of Korea	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	3.2
Coastal area west to north Kyushu	—	—	—	1	2	5	8	2	—	1	—	—	19	61.3
Seto Inland Sea	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	3	9.7
San-in, Hokuriku (Japan Sea)	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	3	9.7
TOTAL	1	—	1	1	3	5	8	4	4	2	2	—	31	100.0

海域別にみると（Table 3），九州北部海域での再捕が最も多く 19 個体，周防灘を含めた瀬戸内海で 3 個体，日本海側の若狭湾～石川県七尾市沿岸で 3 個体，朝鮮半島東岸で 1 個体，黄海で 4 個体，東シナ海では済州島西方で 1 個体，となっている．

考　　察

トラフグの回遊生態については，以前から関心がもたれ標識放流やフグ延縄漁船の操業海域（漁場）の季節的な推移などによって検討されている．

東シナ海・黄海のトラフグについては，藤井・吉富（1977）が黄海北部で10月に，山口県外海水試が延縄漁船に委託して黄海漁場で 9 月から 2 月に標識放流を行い，黄海から東シナ海へ南下移動することを認めている（岩政ら，1986）．しかし，放流尾数が少ないこともあり，いずれも黄海や東シナ海に分布するトラフグと西日本沿岸に分布するトラフグとの関係について明らかにされていない．

この他に，西日本沿岸の有明海，長崎県野母崎町沖，筑前海沿岸，瀬戸内海，熊野灘等（濱田，1992；寿ら，1991；中島，1991）で標識放流が行われている．

有明海，筑前海沿岸でトラフグ未成魚を標識放流した結果（松清・矢野，1984；日高ら，1985；山口県ほか，1987，1989，1990），放流年内再捕の多くが放流地点に近い海域で得られているが，越年後は東シナ海，黄海及び渤海湾でも再捕されたほか，朝鮮半島沿岸，瀬戸内海，山陰・北陸から東北地方に至る日本海側沿岸や太平洋側のいわき市沿岸などで広範囲で再捕された．また，内田・日高（1990）は福岡湾の発生群が 1 歳まで産卵場近くで過ごした後，成長に伴い玄界灘や瀬戸内海，黄海域へと分布域を拡大すると述べている．

筑前海（内田ら，1990）の産卵群を対象とした標識放流では，標識魚は主に東シナ海・黄海及び九州北・西岸，能登半島以西の日本海沿岸や瀬戸内海で再捕されている．長崎県野母崎町沿岸（山口県ほか，1989，1990）で放流された産卵群は東シナ海・黄海及び九州北・西岸で主に再捕されたほか，瀬戸内海や熊野灘での再捕例もみられた．また，瀬戸内海における標識放流では（国行・伊東，1982；伊東・山口；1987a，1987b），再捕は瀬戸内海及び東シナ海と玄界灘で得られている．

以上のような西日本の沿岸域での標識放流結果から，日本の沿岸に分布するトラフグが東シナ海，黄海や渤海湾へ回遊し，さらに放流海域以外の日本の沿岸各地へも広範囲に移動することが明らかとなっている．東シナ海・黄海のトラフグの回遊については漁場の季節的推移より東シナ海・黄海で漁場を形成するトラフグが，秋から春にかけ南下して日本の沿岸に来遊することが推測されている（花渕，1985）が，これを証明する直接的な証拠はなかった．今回，黄海と東シナ海で実施した標識放流では，再捕の多くが九州の北部沿岸域，瀬戸内海，日本海側の若狭湾，越前沿岸，能登半島東部の七尾市沿岸など西日本の沿岸各地で得られた．このことから東シナ海・黄海から西日本の沿岸へトラフグが来遊していることが示され，既存の標

識放流結果とあわせてみると，トラフグは東シナ海・黄海と九州北部や瀬戸内海を往来していることが明らかとなった．

トラフグが東シナ海・黄海から日本沿岸の海域へ回遊してくる理由について以下に検討した．Table 2及び Table 3に示したように黄海での再捕は放流直後のものを除くと放流翌年7月に2個体再捕され，東シナ海では1月に1個体が再捕されている．再捕魚の最も多かった九州西～北部沿岸海域では2・3月を中心に12月から翌年6月の間に19個体が，周防灘を含む瀬戸内海では4・5月に3個体が再捕されている．朝鮮半島南部東岸でも5月に1個体，また若狭湾や能登半島東部では4～6月に3個体が再捕されている．トラフグの産卵場は，九州の有明海周辺，福岡湾，関門海峡周辺，瀬戸内海の尾道周辺や備讃瀬戸，さらに伊勢湾々口，若狭湾，能登半島東岸及び朝鮮半島南岸等にあり，産卵期は産卵場によって時期的なずれがあるが，概ね3月下旬～5月下旬であるとされている（多部田，1986；藤田，1988）．本研究における日本の沿岸域の再捕地点の多くは本種の産卵場に近い海域にあり，再捕の時期も本種の産卵期とその前後に集中している．したがって，これら日本沿岸域における再捕魚は生殖に関与するために産卵場へ向かって回遊中に再捕されたものと推定される．また，7月に黄海で再捕された2個体は，春に日本沿岸の産卵場へ来遊した後，黄海まで回遊していった可能性がある．

今回の調査結果と既往の知見から，東シナ海・黄海，西日本の沿岸域におけるトラフグ成魚の回遊についてまとめると次のようになる．

夏期に渤海湾や黄海北部へ回遊して摂餌活動を行ったトラフグは，秋から冬にかけて黄海から東シナ海北～中部へ南下移動し，春～初夏の産卵期が近づくにつれて西日本各地沿岸（一部は朝鮮半島南岸）の産卵場へ産卵回遊を行い，生殖に関与する．その後，少なくとも九州及び瀬戸内海の産卵場に来遊した群は再び東シナ海を経て黄海，さらに渤海湾へと回遊する．このことは九州及び瀬戸内海の産卵場が東シナ海・黄海のトラフグの再生産の場であることを示している．花渕（1985）は，九州周辺の沿岸域に生息するトラフグは九州西岸とその周辺及び瀬戸内海に産卵場をもつ二つの群より成り，両者の間にはある程度の交流が認められ，また東シナ海・黄海に生息するトラフグは九州西岸で発生したものが補給源の一つであるとしている．さらにその後黄海北部・渤海湾発生群を加え，3つの系群の存在を示唆している（花渕1987，1988a，1988b）．同じく日高（1986）も発生海域により，トラフグの系群を九州西岸発生群，瀬戸内海発生群及び黄海・渤海湾沿岸発生群の3群に想定している．今回の標識放流では東シナ海・黄海から若狭湾，福井県越前町及び石川県七尾市佐々波等の日本海側沿岸の産卵場へ産卵回遊する群の存在が確認され，上述の3群に日本海発生群が加わる可能性もあるが，若狭湾や能登半島東岸の産卵場に来遊したトラフグのその後の回遊については，これらの海域で標識放流などの調査が行われておらず，明らかではない．

アイソザイム分析の結果では，産卵場毎に系群が異なる可能性を示唆する遺伝的に分離した群の存在が認められている（佐藤ら，1992；佐藤・小嶋，1995）．

これにより上記の3群は産卵場毎にさらに細分化される可能性もある．

一方で九州沿岸における産卵群の標識放流結果では瀬戸内海や日本海，熊野灘等の他の海域の産卵場近くで産卵期に再捕され（内田ら，1990；山口県ほか，1989，1990），群間の交流を示唆する事例が見られており，系群構造は十分に解明されるには至っていない．本種資源の変動単位となる系群の問題については，各産卵場での産卵群や発生群の標識放流およびアイソザイム分析などの遺伝学的手法により，さらに詳しく検討する必要がある．

謝　辞

この調査，研究を行うに当たりご指導，ご協力いただいた次の方々に謝意を表したい．萩越ケ浜漁業協同組合の中野金三郎組合長及び仁保宣誠氏には標識放流調査の実施に際し，有益な情報の提供をいただくとともに種々の便宜を図っていただいた．同じく，同漁協所属フグ延縄船長州丸の（故）井町隼人船長はじめ乗組員各位には，4次に及ぶ同船への便乗を快諾され，船上での調査に多大のご協力をいただいた．また，下

関唐戸魚市株式会社専務松村　久氏，同社常務中尾友昭氏及び同営業部鈴木智雄氏，並びに関係各県水試，漁協及び漁業者の方々には標識魚の再捕報告等，種々の情報提供にご協力をいただいた．更に，韓国・国立水産振興院の金　容文沿近海資源科長（現・東海水産研究所長）には韓国沿岸で再捕された標識魚について資料を提供していただいた．この研究はこれらの方々のご協力によって遂行できたものであり，ここに記して深甚なる謝意を表する．

次に，前水産大学校教授竹下貢二博士（元西海区水産研究所下関支所長）には，この研究を行うに当たりご助言とご指導を賜った．また，西海区水産研究所石垣支所藤田　矗支所長（前・下関支所長），西海区水産研究所資源管理部岸田周三部長（現・南西海区水産研究所資源管理部長）及び同底魚資源生態研究室々長入江隆彦博士（現水産庁研究部研究管理官）には，とりまとめに当たり有益なご助言をいただくと共に本稿のご校閲をいただいた．同じく元西海区水産研究所下関支所底魚資源研究室の小島喜久雄研究室長には，この研究の計画から事前調査の過程で終始ご協力いただいた．また，同研究室の花渕靖子技官と木下貴裕技官（現・中央水産研究所）にも種々ご協力いただいた．これらご指導，ご協力いただいた方々に対し心から厚くお礼申し上げる．

要　　約

トラフグの回遊生態と系群について検討するため，フグ延縄漁船（長州丸，55トン）に便乗し，1989年から1991年にかけて４次にわたる標識放流を実施した．第１～４次の調査で成魚を主体に303個体のトラフグを放流し，現在までに31個体が再捕（再捕率10.2%）された．この結果を既存の標識放流結果とあわせ検討し，以下の知見を得た．

1)　東シナ海と黄海で標識放流したトラフグのうち，東シナ海・黄海で再捕された個体を除くと，再捕地点の多くは本種の産卵場に近い海域にあり，また再捕の時期も本種の産卵期とその前後の時期に集中していることから，これらの再捕魚は生殖に関与するために産卵場へ向かって回遊中再捕されたものと推定された．

2)　夏期には渤海湾や黄海北部へ回遊して摂餌活動を行い，秋から冬にかけて黄海から東シナ海北～中部へ南下移動，春から初夏に向けて産卵期が近づくにつれて九州沿岸や瀬戸内海の産卵場へ回遊して生殖に関与する．その後再び東シナ海を経て黄海，さらに渤海湾へと索餌回遊を行うことが明らかとなった．さらに東シナ海・黄海から若狭湾や能登半島東岸の産卵場に回遊するものも認められた．

文　　献

藤井泰司・吉富宏輔　1977：東海・黄海フグ漁場調査．山口県外海水事業報告（昭和51年度），5.

藤田矢郎　1988：日本近海のフグ類．水産研究叢書，(39)，日本水産資源保護協会，131pp．

濱田弘之・有江康章・徳田眞孝・宮本博和・上妻智行　1992：CPUE の推移と標識放流からみたトラフグ（*Takifugu rubripes*）若齢魚の分布，移動について．福岡県豊前水試研報，(5)，41–58.

花渕信夫　1985：九州周辺海域におけるトラフグについて．西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報，(3)，83–90.

花渕信夫　1987：九州周辺海域におけるトラフグについて．水産技術と経営，33(3)，17–28.

花渕信夫　1988：九州周辺海域におけるトラフグについて．資源調査研究連絡，(77)，1–15．西海水研．

花渕信夫　1988：黄海・東シナ海のフグはえ縄漁業とその資源．水産技術と経営，34(7)，32–51.

日高　健・大内康敬・高橋　実　1985：トラフグ標識放流試験について．西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報，(3)，77–82.

伊東　弘・山口義昭　1987a：瀬戸内海中西部海域におけるトラフグの分布と移動．漁業資源研究会議報告，(15)，19–28.

伊東　弘・山口義昭　1987b：瀬戸内海中西部海域のトラフグについて．水産海洋研究会報，51(3)，292–296.

岩政陽夫・中原民男・大塚雄二 1986：フグ資源の有効利用に関する研究報告書（昭和58年度～60年度総括）．山口県外海水試，34pp．

岩政陽夫 1988：東シナ海・黄海産トラフグの成長と成熟に関する一考察．山口県外海水試研報，(23)，30-35.

加納碩雄 1988：脊椎動物におけるフグ毒の分布．水産学シリーズ（70），フグ毒研究の最近の進歩（橋本周久編），32-44．恒星社厚生閣，東京.

国行一正・伊東 弘 1982：瀬戸内海中西部海域のトラフグについて．昭和56年度漁業資源研究会議西日本底魚部会報，25-35.

厚生省生活衛生局乳肉衛生課・編 1984：日本近海産フグ類の鑑別と毒性．85＋8pp．中央法規出版，東京.

寿 久文・上城義信・大石 節 1991：瀬戸内海西部および豊後水道域におけるトラフグの移動・回遊について．大分県水試調研報，(14)，13-28.

松清恵一・矢野 実 1984：有明海産トラフグ幼魚の標識放流結果について．長崎県水試報告（10），103-105.

中野金三郎 1989：萩・越ケ浜のフグはえ縄漁業の沿革．西海区水産研究所ニュース（63），7-10.

中島博司 1991：熊野灘，遠州灘海域のトラフグ資源について．水産海洋研究，55(3)，246-251.

佐藤良三・坂地英男・小川泰樹 1993：瀬戸内海におけるトラフグの系統群についての検討．漁業資源研究会議西日本底魚部会報，(21)，83-97.

佐藤良三・小嶋喜久雄 1995：トラフグの分布・回遊特性．漁業資源研究会議報，(29)，101-113.

清水 潮 1989：フグ毒のなぞを追って．123pp.，裳華房，東京.

下村敏正・浜田七郎（編集） 1969：山陰・九州西南岸域の漁況ききとり調査（昭和38～43年）．西海区水産研究所海洋部，5-17.

多部田修 1986：トラフグの分布と生態．日本水産資源保護協会月報，(262)，11-21.

田川 勝・小嶋喜久雄・竹下貢二 1991：黄海・東シナ海におけるトラフグの標識放流結果について．平成３年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 69.

内田秀和・伊藤正博・日高 健 1990：トラフグの資源生態に関する研究２．標識放流からみた筑前海産トラフグの分布と移動．福岡県水試研報，(16)，7-13.

内田秀和・日高 健 1990：トラフグ標識放流結果からみた幼魚～未成魚期の移動生態について．西海区ブロック資源増殖会議魚類研究会報，(8)，25-30.

山口県・福岡県 1986：昭和60年度放流技術開発事業報告書．トラフグ，91pp..

山口県・福岡県・長崎県 1987：昭和61年度放流技術開発事業報告書．トラフグ，78pp..

山口県・福岡県・長崎県 1988：昭和62年度放流技術開発事業報告書．トラフグ，88pp..

山口県・福岡県・長崎県 1989：昭和63年度放流技術開発事業報告書．トラフグ，69pp..

山口県・福岡県・長崎県 1990：平成元年度放流技術開発事業報告書．トラフグ，64pp..

山口県・福岡県・長崎県 1991：昭和60年～平成元年度トラフグ放流技術開発事業総括報告書，43pp.

非　売　品

平成８年10月　発行

水 産 庁 西 海 区 水 産 研 究 所

〒850　長 崎 市 国 分 町 49

印刷人　　松　　尾　　隆 一 郎
印刷所　　株式会社　リューブン
　　　　　佐世保市柚木元町2673-1
　　　　　電話（0956）㊶ 6 0 0 0

CONTENTS

(In Japanese with English abstract)

SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850

JAPAN